

**Universidade do Minho**  
Escola de Ciências

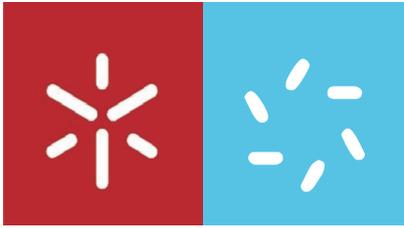
Raquel Maria Cepeda Alves

**CONTRIBUIÇÃO PARA UM SISTEMA DE  
GESTÃO INTEGRADA DE SÍTIOS MINEIROS  
DO NW DE PORTUGAL**

**Volume I**

Março de 2014





**Universidade do Minho**

Escola de Ciências

Raquel Maria Cepeda Alves

**CONTRIBUIÇÃO PARA UM SISTEMA DE  
GESTÃO INTEGRADA DE SÍTIOS MINEIROS  
DO NW DE PORTUGAL**

Tese de Doutoramento em Ciências

**Especialidade em Geologia**

Trabalho realizado sob a orientação de:

**Professor Doutor Carlos Augusto Alves Leal Gomes**

**Professora Doutora Teresa Maria Fernandes Valente**

**Volume I**

Março de 2014

A presente tese teve o financiamento da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) através de uma bolsa de investigação com a referência SFRH/BD/42485/2007, e o apoio do POPH (programa operacional potencial humano) do QREN - Tipologia 4.1 - Formação Avançada, participado pelo Fundo Social Europeu e por fundos nacionais do MCTES a partir de 1 de Novembro de 2007.



Beneficiou do apoio analítico dos Laboratórios do LNEG ao abrigo do protocolo REEQ/18/CTE/2005 de cooperação com o Centro de Investigação Geológica, Ordenamento e Valorização de Recursos (CIG-R), no âmbito do Programa Nacional do Re-equipamento Científico.



O decurso dos trabalhos teve acolhimento no Centro de Investigação Geológica, Ordenamento e Valorização de Recursos (CIG-R) da Escola de Ciências da Universidade do Minho, apoiado por financiamentos de Fundos Europeus (FEDER) e Fundos Nacionais (Orçamento Geral da República Portuguesa) através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia (programa plurianual de financiamento das Unidades de Investigação e actualmente através do projecto estratégico PEst-OE/CTE/UI0697/2011.



**CIG-R**

Centro de Investigação Geológica, Ordenamento e Valorização de Recursos



# AGRADECIMENTOS

A presente memória de tese testemunha seis anos de investigação dedicados ao Espaço Mineiro da Serra d'Arga.

Os trabalhos de suporte decorram na sua maioria no Departamento de Ciências da Terra da Universidade do Minho. As instituições exteriores que acolheram parte da análise foram: Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), Direcção Regional da Economia do Norte (DRE-Norte) e Escola Superior Agrária de Ponte de Lima, Instituto Politécnico de Viana do Castelo (ESAPL-IPVC).

Tanto no Departamento de Ciências da Terra, como nas instituições exteriores reconheço o empenho e atenção por parte dos diversos responsáveis, proporcionando-me além de boas condições de análise, um ambiente de trabalho e diálogo muito proficiente. Expresso aqui o meu reconhecimento a todos, destacando algumas pessoas:

## **LNEG - São Mamede Infesta - Porto**

Professor Doutor Mário Machado Leite, Director do Laboratório de Geologia e Minas, em São Mamede Infesta;

Eng.<sup>a</sup> Fernanda Guimarães, responsável pela análise em Microsonda Electrónica, marcou decisivamente esta investigação pela tenacidade analítica, os contributos pertinentes e a dedicação nas muitas horas de análise com bons e maus (des)fechos;

Eng.º Laurentino Rodrigues consentiu a pesquisa documental no arquivo técnico do antigo Serviço de Fomento Mineiro;

Dr. Paulo Castro permitiu e acolheu amistosamente o estudo de algumas amostras no Museu Mineiro;

Sr. Carlos da Silva Leal apoiou a execução e o melhoramento de superfícies polidas para MSE;

D. Eva Gomes ampliou muito o meu conhecimento das primeiras investigações mineiras nacionais, sem suporte digital e com escassos exemplares disponíveis, agradeço a confiança e empréstimo de importantes e raras obras de referência;

## **LNEG - Alfragide - Lisboa**

Dra. Paula Serrano permitiu e acompanhou entusiasticamente a pesquisa documental do Arquivo Histórico e Mineiro e guiou-me pelas estantes menos movimentadas da história da administração mineira portuguesa;

Eng.<sup>a</sup> Soraia Castro de Matos forneceu importantes dados bibliográficos e relatórios mineiros da TECNIBASE;

Eng.º Augusto Filipe facultou muita informação vectorial e alfanumérica da SIORMINP e deu-me explicações fundamentais sobre a própria estrutura e organização daquela base de dados.

## **DRE-Norte - Porto**

Eng.º Filipe Soutinho e Eng.º Amorim permitiram o acesso e muitas horas de trabalho, muito para lá do horário do expediente, no Arquivo dos Processos de Concessão Mineira da antiga Circunscrição Mineira do Norte.

## **ESAPL-IPVC - Centro de Informação Geográfica**

Professor Doutor Joaquim Alonso cedeu bases de dados de referência vectorizadas e em sistemas geográficos, imprescindíveis na contextualização espacial e territorial da região mineira, permitiu a utilização da licença da ESAPL para o uso do *software* ArcGIS.

Eng.<sup>a</sup> Sónia Santos em boa hora deu coordenadas aos dados e apoiou nevalgicamente a organização da informação dispersa. Agradeço muito a sua disponibilidade, além dos limites plausíveis, com uma minúcia e brio profissional admiráveis.

## **UMinho**

Dra. Elsa Ribeiro procedeu a algumas análises em Microscopia Electrónica;

No DCT foram decisivas as contribuições dos seguintes técnicos, deles retenho o cuidado amistososo na prossecução do trabalho:

Dr. António Azevedo (separações mineralógicas e difractivometria de Rx);

Sr. Saul Sendas (preparações de superfícies polidas e separações granulométricas);

Dra. Lúcia Guise (análises físico-químicas e da componente catiónica de águas);

D. Elizabete Vivas (separações mineralógicas).

Tive o privilégio de conhecer algumas pessoas que são elas próprias segmentos da história mineira e industrial do país, que integram a lista de referências bibliográficas, mas cujo contributo e compreensão neste estudo excede a muito além da citação.

Admiro o Engenheiro Albertino Adélio Rocha Gomes desde as aulas e exposições de campo do Professor Leal Gomes e, por ocasião inesperada, tive o enorme prazer de o conhecer pessoalmente. Estou-lhe muito grata por me transmitir a sua visão e aviso, de uma vida de entrega mineira, dos resultados inéditos de geofísica no Alentejo ao lançamento da prospecção sistemática em Arga.

Ao Engenheiro Leal da Silva - químico e metalúrgico - devo o que sei sobre o desenvolvimento industrial de minérios nacionais e o planeamento augurável da integração mina-metalurgia. A sua entrega ao conhecimento e a ímpar capacidade de trabalho levaram-no para a antropologia mineira. Nessa vertente ensinou-me a reconhecer elementos de estudo nos “movimentos sociais” e nos Registos de Manifesto Mineiro - sendo ele pioneiro neste domínio de investigação. Agradeço-lhe o levantamento sistemático dos Mapas de Liquidação de Impostos no Diário do Governo. Os seus dados e observações valorizaram muito a revisão desta memória descritiva.

Ao longo dos anos de investigação, o trabalho foi marcado pelo conhecimento e disponibilidade de muitos professores, técnicos, colegas e amigos a quem gostaria de agradecer reconhecidamente toda a atenção:

Ao Professor Doutor Lopes Nunes, pelo generoso acolhimento no seu gabinete. Lamento a invasão de estantes, caixas e tabuleiros de amostras. Estou muito grata pela simpatia e proximidade com que partilhou feitos académicos e científicos, é uma honra.

Ao Professor Doutor Carlos Alberto, enquanto director do Centro de Investigação Geológica, Ordenamento e Valorização de Recursos, agradeço os meios que me disponibilizou para a escrita da tese. Sou muito grata por me ter levado sempre tão a sério!

À Professora Doutora Maria Amália Sequeira Braga agradeço o apoio no estudo da composição mineralógica de sedimentos.

À Eng.<sup>a</sup> Angelina Cunha e Eng.<sup>a</sup> Sónia Fernandes, da Câmara Municipal de Caminha, agradeço o convite para orientar acções de promoção e divulgação do património natural e mineiro da Serra d'Arga. O meu agradecimento aos vários responsáveis - dos quadros executivos aos técnicos - daquela Câmara pelo esforço em manter activo o Centro de Interpretação da Serra d'Arga, no qual tive muito gosto de participar. Um agradecimento pessoal ao Sr. Ventura Gonçalves, rosto e alento do CISA.

Ao Eng.<sup>o</sup> Nelson Silva e Eng.<sup>o</sup> Alfredo Cunha do Dep. de Gestão da Operação/Telecomando da EDP, agradeço a receptividade no controlo do caudal lançado da Mini-hídrica de France, aquando das campanhas no Rio Coura, bem como, os dados fornecidos.

Um reconhecido agradecimento ao Grupo de Estudos e Preservação do Património Vilarmourense que foi responsável pela grande maioria das entrevistas realizadas a antigos mineiros. Ao Grupo devo a divulgação daquele trabalho junto da comunidade.

Com enorme estima e gratidão por cada história contada e pela companhia nos percursos da serra e do passado, saúdo os mineiros vilarmourenses e suas famílias: Adão Silva, Maria da Soledade Castro, Joaquim Oliveira, José Serra, Glória Barbosa, Firmino Sá, João Gonçalves, Esperança Serra e Floripes Serra. Os da Cabação: Francisco Martins, João Aguiar, Alberto Costa. De Dem o Sr. Isidro Fernandes. De Vila Mou a Sra. Laura Marçal. D'Arga de Baixo o Sr. António D'Arga.

Ao Dr. Pedro Alves estou grata pelo inextinguível apoio, em campo e laboratório, na identificação mineralógica de amostras, sem os seus notáveis conhecimentos e ímpar habilidade na detecção em campo, não teria sido possível a discriminação de tantas espécies minerais. Redobro o meu reconhecimento pela prestimosa ajuda na modelação 3D de muitos mapas presentes nesta monografia.

Estou muito grata à Doutora Patrícia Dias pelo que me ensinou acerca das litologias metamórficas d'Arga e suas assinaturas químicas. Agradeço a dedicação na revisão do manuscrito da tese, tem sido um exemplo de rigor e detalhe analítico.

À Célia Pereira, ao muito estimado Hélder Pereira e ao pequeno Mateus sou grata pelo lado a lado, próximo e no tempo certo.

Aos vários colegas e alunos do Departamento de Ciências da Terra que, partilhando o mesmo Mestre e “*imbuídos de um espírito aventureirista*” prestaram a sua força, engenho e arte nas diversas fases da investigação. Entre os bravos: Virgínia Bento, Ana Vilaverde, Jacinta Fernandes, João Azevedo, Bruno Pereira, Jorge Oliveira, Marcelino Moiana, João Sousa, Daniela Lobarinhas, Joana Oliveira, Ricardo Fernandes, Liliana Gonçalo, Guadalupe Verduzco, Lurdes Rodrigues, Ricardo Faria. O meu caloroso obrigado!

Sentido agradecimento à família que fez da distância um passo e deste enorme périplo um caminho acompanhado. Devo ao Francisco a resistência, à Belisanda Augusta a tenacidade, à Ana Paula o gosto por cada desafio. À Fernanda e ao Jorge obrigada por todos os cuidados repimpados. Ao Delfim Manolo agradeço a serenidade e o bom conselho. À Paula o abraço pronto.

Ao pequeno Delfim, desde os primeiros passos às primeiras letras e palavras escritas, pelo tempo que soube esperar sem que a espera imobilizasse a nossa vida, muito obrigada filho!

## RESUMO

No NW de Portugal, os sítios mineiros ocupam uma área importante no que respeita à gestão territorial. Este estudo incide particularmente sobre o espaço mineiro abandonado (EMa), que se define como uma unidade territorial elementar com atributos geológicos e mineiros relevantes para o ordenamento e desenvolvimento regional. Nele se integram todos os locais onde tenha decorrido exploração de recursos geológicos, à superfície e/ou no subsolo, persistindo com maior ou menor exuberância vestígios do seu aproveitamento. Na definição de EMa considera-se ainda a administração mineira e o contexto social, testemunhados pelo acervo documental e por referências identitárias, materiais ou imateriais, expressas entre as comunidades relacionadas. A delimitação espacial corresponde às antigas áreas de concessão mineira.

À principal área de estudo é a Região Mineira da Serra d'Arga (RMArga), no NW de Portugal. A esta estão dedicados diversos trabalhos de investigação que a tornam um objecto bem referenciado no que respeita ao conhecimento geológico, dos recursos base, ao património intrínseco e às formas de impacte ambiental na dependência de EMa.

Os temas que fundamentam a proposta de um sistema integrado de gestão do EMa dizem respeito ao funcionamento mineiro passado e ao estado de evolução do EMa, especificamente os ambientes de escombreira, galeria, drenagem de mina. O seu estudo e diagnóstico implicam a adequação de metodologias multidisciplinares com vista à integração de dados qualitativos e quantitativos (elementos analíticos) em matrizes de ordenamento. Estes dados abrangem várias escalas e níveis de organização, a que se dedicou atenção e profundidade diferenciada, a saber: Regional (com reconhecimento de vestígios mineiros e seus perímetros de influência); Local (com inventariação, amostragem e estudo paragenético de amostras de mão, análise de parâmetros físico-químicos e da componente química específica de águas e sedimentos de leito); Pontual (com análise mineralógica de cristais, crustificações e substratos orgânicos).

A análise documental dos processos administrativos de concessões mineiras fornece dados de cariz técnico (das intervenções mineiras) e cartográfico (dos trabalhos de lavra, atitude, andamento e espessura de depósitos filonianos). No seu conjunto permitem uma análise da dispersão de vestígios e a projecção estereográfica dos filões explorados, considerando a diversidade litológica e os alinhamentos estruturais que os acolhem. A combinação daqueles elementos com a análise de conteúdo de entrevistas a antigos mineiros permite a integração de dados fragmentários (documentais e de revisão no terreno) e ainda aprofundar o conhecimento sobre aspectos mineiros peculiares (exploração e tratamento) e da comunidade, apoiando o valor patrimonial do EMa.

As escombreyras e cortas num EMa são ambientes privilegiados para o estudo e compreensão dos fenómenos de evolução metalogénica, expondo um espectro diversificado de mineralizações supergénicas de neoformação. Ai podem equacionar-se tanto fenómenos concentradores-fixadores de elementos poluentes como fenómenos de concentração-acumulação de elementos passíveis de recuperação ou indicadores de mineralizações úteis. No diagnóstico ao estado de evolução do EMa atende-se a este raciocínio dicotómico, promovendo a pesquisa de fontes e reservatórios mineralógicos ou litológicos.

Os inventários de minerais em escombreira constituem uma primeira fase do diagnóstico da evolução, atendendo à diversidade dos depósitos-tipo em EMa, da reactividade paragenética e da interacção mineral mineral-água.

Abrangendo diferentes ambientes metalogénicos, as mineralizações de W constituem bons indicadores de evolução e distribuição metálica. Distinguem-se em paragéneses primárias, hidrotermal em zonas de cisalhamento e em ambientes metavulcanogénico-exalativos – scheelite e volframate – e, em secundárias, evoluídas em processos de alteração metassomática e supergénica (stolzite – raspite e tungstite).

As neoformações mineralógicas dependem da reactividade paragenética dos suportes primários e interacção mineral-água. Com base na análise de produtos neoformados, mais concretamente crustificações scorodíticas (ainda scorodites individualizadas) e crustificações ferralíticas (de cristalinidade variável), e na análise química de água distinguiram-se na RMArga dois ambientes discriminantes no que respeita ao seu estado de evolução, aqui compreendido como sistema:

1) Sistemas com reactividade paragenética moderada e interacção mineral-água reduzida, com crustificações scorodíticas bem expressas (EMa de Castelhão e EMa de Fulão). Neste ambiente as paragéneses secundárias em que a scorodite é a fase essencial, foram analisadas águas com e sem a influência da escombreyras. Sob a interacção água – mineral e na sequência da oxidação da arsenopirite, as águas de escorrência seguem uma tendência definida até às condições de sobre-saturação e precipitação da scorodite, para um incremento de Eh e decréscimo de pH. Em microanálise foi possível reconhecer contrastes composicionais e texturais entre crustificações scorodíticas, atribuindo-lhes um carácter fixador e redistribuidor químico. Detectou-se uma mineralização invulgar de índio (In), yanomamite [(In-Fe)AsO<sub>4</sub>•2H<sub>2</sub>O] que constitui série com a scorodite. A ocorrência foi identificada no núcleo de cristais euédricos, isolados e na matriz de crustas arsenolíticas. Nestas últimas identificaram-se fracções detríticas herdadas das paragéneses primárias com (As, Zn, Cu) sulfuretos, entretanto evoluídos na própria crustificação.

2) Sistema com paragéneses de elevada reactividade e forte interacção mineral-água, com precipitação extensiva de crustificações ferralíticas de aspecto morfológico e textural complexo e associações poliminerálicas de cristalinidade variável em ambiente de drenagem ácida mineira. Deu-se continuidade a um programa de monitorização no EMa de Valdarças e no receptor fluvial (com parâmetros de análise e estações estabelecidas). Entretanto, acções de reabilitação ambiental sobre a escombreyra de Valdarças impuseram alterações ao sistema. Os parâmetros de análise físico-química da água revelam semelhanças nos ambientes de drenagem caracterizados previamente à obra, mantendo contraste entre si, que agora é corroborado pela composição em TR. Combinando a análise química de sedimentos de leito e de água reconhecem-se tendências de enriquecimento verificadas pelo estudo da composição mineralógica em DRX sobre pós. Estudos de mineralometria nos mesmos ambientes de drenagem ácida testemunham fenómenos de retenção mineral (promovidos na interface crustificações ferralíticas e colónias de algas acidófilas) e de evolução sulfatolítica associada a substratos vegetais com deposição de ouro.

A partir dos elementos analíticos apresentados no estudo do funcionamento mineiro passado e no diagnóstico da evolução do EMa reconheceu-se um padrão de descrição que, aplicado aos tipos de depósitos explorados na RMArga, poderá utilmente servir para outras áreas de idêntica configuração. Da geração de modelos conceptuais para os depósitos-tipo puseram-se em evidência três atributos fundamentais do EMa: potencialidade; impacte ambiental e património (directamente relacionado com descritor patrimonial). A proposta final concretiza-se sob a forma de um contributo para a matriz de ordenamento territorial suporte ao sistema integrado de gestão de EMa.

## CONTRIBUTION TO AN INTEGRATED APPROACH TO ABANDONED MINE LANDS MANAGEMENT SYSTEM THE ARGÁ MINING REGION (NW PORTUGAL)

# ABSTRACT

In the NW Portugal the abandoned mine lands (AML) occupies an important area regarding land management, which are the main subject of this study. The AML means a territorial unit with relevant geological and mining attributes to regional development and management. Therein include all mines with no exploitation of geological resources in the present, but with several remaining traces of it. In the definition of AML it also must be considered the mining administration and the social context, which can be recognized through documentary archive and identity references of related communities. The spatial delimitation matches the old concessions of the mining areas.

The Argá's Mining Region (RMArga) is the main studied area. There are many researches and dedicated scientific works of RMArga, which makes it a well-referenced object in the following fields: geology, base and critical resources, geo-mining heritage and environmental impact associated with the AML.

The fundamentals that support an AML integrated management system are related to the past mining operations and evolution status of the AML, specifically waste dumps environments, diggings and mine drainage. The study of those domains involves multidisciplinary methodologies for the integration of qualitative and quantitative data (analytical elements). This data covers several levels of organization approached with distinct attention and depth, namely: Regional (recognizing miner traces and their dispersion); Local (inventory, sampling, mineralogical and paragenetic study, physico-chemical analysis of water and chemistry of sediments analysis); Punctual (micro-analysis of crystals, well-lithified crusts and organic substrates).

The documentary analysis of mining concessions provides technical data (from mining operations) and cartographic data (from mining activity and the ore deposits features). Together it allows an analysis on the dispersion of trace and stereographic projection of deposits, considering the lithological diversity and structural alignments. Combining those elements with the content analysis of interviews to old miners it was possible to integrate isolate data and further knowledge about the peculiarities of past mining (exploration and processing) and mining community, which support the patrimonial value of the AML.

In AML the mine wastes, the waste dumps and the mining diggings are suitable environments to study the chemical mobilization phenomena. In those environments it is possible to observe a diverse set of supergenic mineralization that indicate dichotomously: 1) concentrators-fixers of polluting elements phenomena and 2) concentration-accumulation of economically significant elements phenomena (or minerals-useful guides). The diagnosis of evolution status in AML promotes this dichotomy, supporting the research of sources and mineralogical-lithological reservoirs.

The mineral inventories in waste dumps establish the first phase of the diagnosis, giving a perspective of the diversity of deposit-types, the paragenetic reactivity and mineral-water interaction.

Covering different metallogenic environments, W mineralizations are good indicators of the evolution and metal distribution. Scheelite and wolframite in RMArga were characterized in primary paragenesis - in hydrothermal shear zones and metavulcanogenic-exhalative environments. In secondary paragenesis, there was characterized stolzite - raspite and tungstite, evolved in metasomatic processes and supergene alteration.

Mineralogical neof ormations depend on the reactivity of the primary supports and mineral-water interaction. Based on the analysis of newly formed products, well lithified crusts, specifically scoroditic crusts (or scorodites individualized) and Fe-lithified crusts (with variable crystallinity), and also based on chemical water analysis, there were distinguished two discriminant environments in RMArga, regarded to their evolution status, here designated as systems:

1) Systems with moderate paragenetic reactivity, reduced mineral-water interaction and well-lithified crusts (Castelhão AML and Fulão AML) exhibit scorodite as the key-phase in the secondary paragenesis. In those environments there were analysed the runoff waters, with and without the influence of wastes. Under the interaction water - mineral and further oxidation of arsenopyrite, the runoff waters tend to be set by the conditions of oversaturation and precipitation of scorodite, for an increase of Eh and pH decrease. In microanalysis it was possible to recognize compositional and textural contrasts between scoroditic crusts, showing its fixative and also redistributive character. As well, it was detected an unusual mineralization of indium (In), yanomamite, which constitutes series with scorodite  $[(\text{In-Fe})\text{AsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ . This occurrence was identified in the core of scorodite single crystal and in the arsenate or scoroditic matrix crusts, possibly developed from primary (As, Zn, Cu) sulphide phases, also present in the matrix.

2) Systems with high paragenetic reactivity and strong mineral-water interaction, exhibit extensive precipitation Fe-lithified crusts, with complex morphological and textural features, and Fe-oxyhydroxides with variable crystallinity, typical of acid mine drainage environment (Valdarcas AML). Steady to a monitoring program in effluents and fluvial watercourses (with defined analysis parameters and set stations), it was recognised the influence of recent actions of environmental rehabilitation on Valdarcas waste dumps. The physico-chemical analysis of water revealed contrasts between specific points along the main affected watercourse, which were extended to river environments - Rio Coura (specifically at the confluence zone). The contrast characteristics of the waters in these environments are well expressed by the metallic composition of TR. Combining chemical analysis of sediment and water, there were recognized enrichment trends confirming the mineralogical composition estimative (powder XRD). Heavy minerals concentration in acid mine drainage environments suggest mineral retention (promoted at the Fe-lithified crusts related with acidophilic algae colonies) and still sulfatolitic reactions associated with plant substrate with gold deposition.

From the analytic elements obtained on the past mining operations and the evolution status diagnosis of AML development it has been recognized a pattern description that, applied in exploited deposit types in RMArga, may usefully serve other areas of identical settings. The generation of conceptual models for deposit-type puts in evidence three fundamental attributes of AML: mining potential, environmental impact, geo-mining heritage. The ultimate purpose of this investigation is a contribution for Land Use Plans by the integrated management of AML.

# ÍNDICE

## I. CAPÍTULO

I. INTRODUÇÃO .....	3
I.1. INTERESSE E OBJECTIVOS GERAIS .....	3
I.2. QUADRO LEGAL E PROGRAMAS DE INTERVENÇÃO .....	5
<i>Dos recursos minerais</i> .....	5
<i>Do ordenamento do Território</i> .....	6
<i>Do património</i> .....	6
<i>Do ambiente</i> .....	7
<i>Da requalificação mineira</i> .....	8
I.3. INVESTIGAÇÕES DE REFERÊNCIA DEDICADAS À ÁREA DE ESTUDO.....	9
I.4. DESCRITOR GEOLÓGICO E MINEIRO – CLARIFICAÇÃO DE CONCEITOS .....	12
<i>Da organização espacial</i> .....	12
<i>Da qualificação dos recursos</i> .....	16
<i>Da prospecção integrada à revisão da potencialidade</i> .....	18
<i>Da evolução geoambiental em EMa</i> .....	21
I.5. CRITÉRIOS PARA A DELIMITAÇÃO GEOGRÁFICA DO OBJECTO DE ESTUDO .....	26
I.6. ELEMENTOS ANALÍTICOS E TAREFAS DE SUPORTE .....	29
<i>Base de Dados de Referência</i> .....	33
<i>Bases de Dados que decorrem desta Investigação</i> .....	35
<i>Elementos de Amostragem no EMa</i> .....	36
I.7. PLANIFICAÇÃO .....	38

## II. CAPÍTULO

II. MÉTODOS ANALÍTICOS .....	43
II.1. ESTUDO DO FUNCIONAMENTO MINEIRO PASSADO.....	44
II.1.1. ANÁLISE DE ENTREVISTAS .....	44
II.1.2. ANÁLISE DOCUMENTAL DE <i>DOSSIERS</i> DE CONCESSÃO.....	45
II.1.2.1 Documentos do <i>dossier</i> determinados pelo Quadro Legal .....	47
II.1.2.2. Selecção de elementos documentais técnicos.....	50
II.1.2.3. Implantação da cartografia mineira antiga - limitações.....	51
II.1.2.4. Projecções estereográficas de depósitos filonianos .....	52
II.1.2.5. Plantas de lavarias e diagramas de tratamento .....	53
II.1.2.6. Elementos de referência histórica e administração mineira .....	53
II.2. DIAGNÓSTICO AO ESTADO DE EVOLUÇÃO DO EMa .....	54
II.2.1 PROTOCOLOS ANALÍTICOS – ORGANIGRAMAS, TÉCNICAS E EQUIPAMENTOS.....	56
II.2.1.1. Estudo de Amostras de Mão e de Precipitados.....	56
II.2.1.2. Estudo de Sedimentos em Drenagens Mineiras.....	61
II.2.1.3. Estudo de Escorrências e Drenagens Mineiras .....	65
II.2.1.4. Estudo de Organismos e Materiais Orgânicos em Cursos com Drenagem Ácida .....	71
II.2.2. REFERENCIAIS PARA O TRATAMENTO ANALÍTICO.....	72

### III. CAPÍTULO

III. REFERÊNCIAS GEOGRÁFICAS E ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E MINEIRO .....	77
III.1. REFERÊNCIAS GEOGRÁFICAS .....	78
III.1.1. Componentes fisiográfica, hidrográfica e geometeorológica .....	78
<i>Declive, Erodibilidade e Zonas Climáticas</i> .....	82
<i>Referências geometeorológicas do Norte de Portugal</i> .....	85
III.1.2. Aptidões, Uso e Ocupação do Solo .....	88
<i>Áreas com estatuto de Protecção da Natureza</i> .....	90
<i>Edificado e aglomerados habitacionais</i> .....	91
III.2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO .....	92
III.2.1. Tectónica e domínios estruturais .....	92
III.2.2. Síntese litostratigráfica .....	95
III.3. ENQUADRAMENTO MINEIRO .....	100
III.3. 1. Enquadramento Mineiro Histórico .....	102
III.3. 2. Enquadramento Legal da exploração mineira .....	107
III.3. 3. Antigas áreas de Concessão Mineira no Norte de Portugal .....	116
III.3. 3.1. Distribuição de Concessões Mineiras no Norte de Portugal .....	123
III.3. 3.2. Região Mineira de Arga (RMArga) .....	125
III.3. 4. Concessão para a reabilitação de áreas mineiras abandonadas .....	130

### IV. CAPÍTULO

IV. ELEMENTOS ANALÍTICOS NO ESTUDO DO FUNCIONAMENTO MINEIRO .....	137
IV.1. MINERAÇÃO FORMAL E INFORMAL – MARCAS E MEMÓRIAS .....	137
IV.1.1. ENTREVISTA – GUIÃO E TEMAS .....	141
IV.1.2. DESTINATÁRIOS DA ENTREVISTA .....	143
IV.1.3. ORGANIZAÇÃO DO <i>CORPUS</i> DAS ENTREVISTAS .....	146
IV.1.4. ANÁLISE DE CONTEÚDO DE ENTREVISTAS .....	146
IV.1.5. TEMAS PRINCIPAIS – APRESENTAÇÃO GRÁFICA .....	148
CATEGORIA 1. CARACTERIZAÇÃO DA COMUNIDADE MINEIRA .....	150
CATEGORIA 2. PLANEAMENTO MINEIRO .....	157
CATEGORIA 3. ABANDONO MINEIRO .....	168
CATEGORIA 4. GEOLOGIA DO DEPÓSITO MINERAL .....	174
CATEGORIA 5. IMPACTE AMBIENTAL .....	177
IV.2. MINAS, CONCESSÕES E COUTOS – ELEMENTOS DO ACERVO DOCUMENTAL .....	182
IV.2.1. ANÁLISE DE <i>DOSSIERS</i> MINEIROS .....	182
IV.2.2. EXPLORAÇÃO MINEIRA – PRINCIPAIS MÉTODOS DE DESMONTE .....	187
IV.2.2.1. Exploração Irregular – Actividade “Pilha” .....	187
IV.2.2.2. Exploração com Orientação Técnica – Escolha do Método .....	188
IV.2.2.3. Exploração com Orientação Técnica – Exploração a Céu Aberto .....	191
IV.2.2.4. Exploração com Orientação Técnica – Exploração Subterrânea .....	193
IV.2.2.5. Exploração com Orientação Técnica – Contributo da Prospecção .....	198
IV.2.3. PROCESSAMENTO E TRATAMENTO DO MINÉRIO – OFICINAS E ESCOMBREIRAS .....	201
IV.2.3.1. Tratamento do Minério – Requisitos Legais .....	204
IV.2.3.2. Operações e Equipamento no Tratamento do Minério .....	204
IV.2.3.3. Tratamento de <i>placers</i> .....	207

IV.2.3.4. Dupla Abordagem no Tratamento: Lavaria - Separadora .....	209
IV.2.3.5. Evolução/Adaptação das Formas de Tratamento – alguns exemplos .....	211
IV.2.3.6. Resíduos e Efluentes do Tratamento do Minério .....	215
IV.2.4. PRODUÇÃO MINEIRA DECLARADA – FONTES DE INFORMAÇÃO .....	218
IV.2.4.1. Dossiers Mineiros .....	218
IV.2.4.2. Boletim de Minas .....	219
IV.2.4.3. Diários do Governo .....	221
IV. 3. CAMPOS MINEIROS - ELEMENTOS DE FUNCIONAMENTO E RECONHECIMENTO DE VESTÍGIOS .....	223
IV.3.1. Campo Mineiro da Serra de Covas (C1) .....	224
IV.3.2. Campo Mineiro do Lousado (C2) .....	227
IV.3.3. Campo Mineiro da Cabração (C3) .....	230
IV.3.4. Campo Mineiro de Formigoso a Cabanas (C4) .....	235
IV.3. 5. Campo Mineiro de Junqueiro - Cumieira (C5) .....	239
IV.3.6. Campo Mineiro de Argas – Cerquido (C6) .....	242
IV.3.7. Campo Mineiro de Santa Justa (C7) .....	244
IV.3.8. Campo Mineiro de Meixedo e Vila Mou (C8) .....	249
IV.3.9. Campo Mineiro da Agueira (C9) .....	252
IV.3.10. Campo Mineiro de Vale do Âncora (C10) .....	255
IV.3.11. Campo Mineiro Traz Ancora (C11) .....	256
IV.3.12. Campo Mineiro de Gondar (C12) .....	259
IV.3.13. Campo Mineiro de Dem (C13) .....	261
IV.3.14. Campo Mineiro de Valdarças - Domo de Covas (C14) .....	265
IV.3.15. Síntese discriminante do funcionamento passado dos Campos Mineiros de RMArga .....	272
IV. 4. DISPERSÃO GEOGRÁFICA E PROJEÇÃO DE DEPÓSITOS FILONIANOS .....	274
IV. 4.1. DEPÓSITOS MINERAIS E O CAMPO APLITO-PEGMATÍTICO .....	274
IV.4.2. FAIXAS MINEIRAS E COMPARTIMENTAÇÃO ESTRUTURAL E LITOLÓGICA DA RMArga .....	279
IV.4.2.1. Faixa Serra de Covas-Lousado-Formigoso (F1) .....	280
IV.4.2.2. Faixa Vilarinho-Cabração-Seixalvo (F2) .....	282
IV.4.2.3. Faixa Argas – Cerquido - Sta. Justa (F3) .....	283
IV.4.2.4. Faixa de Dem – Pedrulhos – Espantar (F4) .....	285
IV.4.2.5. Faixa Costa das Minas-Azevedo-Paradela (F5) .....	286
IV.4.2.6. Faixa Alto da Bouça da Breia - Folgadoiro - Campo da Corte (F6) .....	287
IV.4.2.7. Faixa Amonde -“Verdes”- Corredouras (F7) .....	287

## V. CAPÍTULO

V. ELEMENTOS DE DIAGNÓSTICO DO ESTADO DE EVOLUÇÃO DE EMa .....	291
V.1. INVENTÁRIO MINERALÓGICO EM ESCOMBREIRAS E AMBIENTES DE DRENAGEM MINEIRA .....	292
V.2. CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA EM ESCOMBREIRAS .....	298
V.2.1. ESTUDO MINERALÓGICO DE TUNGSTATOS – QUADRO TEÓRICO .....	299
V.2.1.1. Tungstatos na RMArga .....	302
V.2.1.2. Análise paragenética e composicional de tungstatos de ambientes vulcanogénicos exalativos .....	303
V.2.1.3. Análise paragenética e composicional de tungstatos de ambientes hidrotermais .....	311
V.2.1.3.1 Síntese de observações para tungstatos de ambiente hidrotermal .....	324
V.2.1.4. Relação entre ambientes de precipitação de tungstatos – contributos de mineroquímica .....	326
V.2.1.4.1. VOLFRAMITES .....	326
V.2.1.4.2. SCHEELITES .....	332

V.2.1.4.3. TUNGSTATOS SECUNDÁRIOS .....	334
V.2.1.5. Síntese decorrente do estudo de tungstato .....	337
V.2.2. ESTUDO DE AMBIENTES DE NEOFORMAÇÃO MINERALÓGICA – PRINCÍPIOS GERAIS .....	340
V.2.2.1.1. Mineralizações de As .....	349
V.2.2.1.2. Controlo e mobilidade do As.....	351
V.2.2.1.2. Neoformação Scorodítica .....	353
V.2.2.2. Ambiente de neoformação scorodítica em EMa – estudos de caso .....	356
V.2.2.2.1. EMa de Castelhão – contexto mineiro e ambiente de formação supergénica .....	358
V.2.2.2.2. EMa de Fulão – contexto mineiro e ambiente de formação supergénica.....	368
V.2.2.2.3. EMa de Penedono – contexto mineiro e ambiente de formação supergénica .....	379
V.2.2.2.4. EMa de Adoria – contexto mineiro e ambiente de formação supergénica.....	386
V.2.2.2.5. EMa de Tibães – contexto mineiro e ambiente de formação supergénica .....	391
V.2.2.3. Programas de microanálise de scorodites .....	399
V.2.2.3. I Programa - Análise preliminar.....	399
V.2.2.3. II Programa – Análise de crustificações .....	403
V.2.2.3. III Programa – Análise de cristais .....	408
V.2.2.3. IV Programa - Análise de conteúdos vestigiais.....	415
V.2.2.4. Integração dos dados analíticos composicionais em scorodites.....	422
V.2.2.4.1. A série Scorodite - Yanomamite .....	427
V.2.2.4.2. Mineralizações de In e relações com sulfuretos e arsenatos .....	428
V.2.2.4.3. Hipótese de proveniência de In, evolução e redistribuição em ambiente supergénico.....	434
V.2.2.5. Características hidrogeoquímicas de escorrências superficiais em EMa .....	435
V.2.2.5.1. Descrição dos parâmetros globais e componente catiónica de escorrências em EMa.....	435
V.2.2.5.2. Distribuição de elementos maiores nas águas de escorrência em EMa .....	439
V.2.2.5.3. Distribuição de metais e de As nas águas de escorrência em EMa .....	440
V.2.2.5.4. Mecanismos de sequestro de As.....	443
V.2.2.5.5. Variação conjugada de indicadores hidrogeoquímicos e as mineralizações de In .....	446
V.2.2.5.6. Caso específico das TR .....	450
V. 3. SISTEMAS COM PARAGENESES DE ELEVADA REACTIVIDADE E FORTE INTERACÇÃO MINERAL – ÁGUA .....	454
V. 3.1. PARTICULARIDADES GEOLÓGICAS E MINEIRAS DE VALDARCAS .....	456
V. 3.1.1. Geologia Regional e Depósito de Covas (EMa de Valdarcas) .....	458
V. 3.1.2. Particularidades geológicas e mineiras de Santa Justa – Estorões (EMa de Santa Justa) .....	461
V. 3.1.2.1. Depósito Mineral de Santa Justa .....	464
V.3.1.3. Condições Climáticas Regionais .....	465
V.3.1.4. Fisiografia e especificidades dos sistemas fluviais receptores de drenagem mineira.....	468
V.3.1.4.1. Variações hidrodinâmicas no Coura impostas pela mini-hídrica - Central de France .....	472
V.3.1.5. Programa de intervenção ambiental na “Área Mineira de Covas”.....	474
V.3.2. PARÂMETROS DESCRITORES DE REFERÊNCIA E AMBIENTES DE DRENAGEM.....	481
V.3.3. DESCRIÇÃO ESPÁCIO - TEMPORAL DA DISPERSÃO HIDROGEOQUÍMICA .....	484
V.3.3.1. Estações do Ribeiro do Poço Negro (V3 – V7) .....	485
V. 3.3.2. Estações no Rio Coura (C1 – C12).....	488
V. 3.3.3. Estações de Santa Justa (SSJ e EST) .....	492
V. 3.3.4. Análise comparada de dados dos sistemas Poço Negro - Coura e Santa Justa.....	493
V. 3.3.5. Elementos Terras Raras e a drenagem ácida de mina .....	502
V.3.4. CARACTERIZAÇÃO ECOLÓGICA EXPEDITA DO RIBEIRO DO POÇO NEGRO .....	511
V.3.4.1. Neoformação e retenção física na dependência de substratos vegetais – estudos preliminares .....	522

V.3.4.1.1. Neoformação de Pirite em micro ambientes redutores .....	523
V.3.4.1.2. Precipitação de hidróxidos de Fe e coalescência de particulado denso.....	524
V.3.4.1.3. Deposição de ouro em substratos vegetais mineralizados.....	529
V.3.4.2. Fenômenos concentradores de Au supergênico em ambientes secundário - referências bibliográficas .....	531
V.3.5. GEOQUÍMICA, TEXTURA E MINERALOGIA DE SEDIMENTOS DE LEITO .....	533
V.3.5.1. Análise química e razão de concentração sedimento-água .....	533
V.3.5.1.1. Relação $[X]_{\text{sedimento}} / [X]_{\text{água}}$ .....	539
V.3.5.1.2. Factores de enriquecimento .....	540
V.3.5.1.3. Carga Coloidal e parâmetros expeditos .....	541
V.3.5.2. Análise textural e granulométrica de sedimentos de leito .....	544
V.3.5.3. Composição mineralógica da fracção < 20 $\mu$ m .....	548
V.3.6. ESTUDO MINERALOMÉTRICO EM DRENAGEM ÁCIDA .....	552
V.3.6.1. Mineralometria de detritos densos em leitos de drenagem ácida - ensaio .....	552
V.3.6.2. Mineralometria da fracção densa de sedimentos retidos em drenagem natural.....	558
V.3.7. RELAÇÃO MINERAL - CONTEÚDO QUÍMICO - ÁGUA E SEDIMENTO.....	564

## VI. CAPÍTULO

VI. GERAÇÃO DE MODELOS CONCEPTUAIS .....	569
VI.1. PADRÕES DE DESCRIÇÃO .....	570
VI.1.1. DESCRITOR GEOLÓGICO .....	571
VI.1.2. DESCRITOR TÉCNICO-MINEIRO.....	573
VI.1.3. DESCRITOR AMBIENTAL .....	574
VI.1.4. DESCRITOR PATRIMONIAL.....	576
VI.2. MODELOS CONCEPTUAIS PARA O ESTUDO ACTUAL DOS EMa .....	577
VI.2.1. MODELO CONCEPTUAL PARA METASSOMATITOS EM ASSOCIAÇÕES PROTOLÍTICAS VULCANOGÉNICAS E SEDIMENTARES EXALATIVAS, CONCENTRAÇÕES DE W, Bi, Te, Au .....	577
VI.2.2. MODELO CONCEPTUAL PARA APLITOPEGMATITOS DE TIPO LCT PREDOMINANTE COM VEIOS HIDROTERMAIS ASSOCIADOS, CONCENTRAÇÕES DE Sn, Ta, Nb, Li, (W, Au).....	587
VI.2.3. MODELO CONCEPTUAL PARA ENXAMES VENULARES COM FOCAGEM HIDROTERMAL EM ZONAS DE CISLHAMENTO, COM CONCENTRAÇÕES DE Au, W, Bi, Cu, Te, Zn .....	600
VI.2. 4. MODELO CONCEPTUAL PARA GOSSAN EM SEQUÊNCIAS METASSEDIMENTARES COM CONCENTRAÇÕES DE Fe.....	608
VI.2.5. MODELO CONCEPTUAL PARA DEPÓSITOS TIPO <i>PLACER</i> , COM CONCENTRAÇÕES DE Au, W, Sn, Ta, Nb, Ti.....	613
VI.3. CLASSES DE QUALIFICAÇÃO DO ESPAÇO MINEIRO - DEFINIÇÃO DE ATRIBUTOS.....	622
VI.4. COMBINAÇÃO TEÓRICA DE ATRIBUTOS.....	627

## VOLUME II

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	632
GEOLOGIA, MINERALOGIA E METALOGÉNESE .....	633
MINAS, ENGENHARIA E INDÚSTRIA.....	643
AMBIENTE, GEOQUÍMICA E NEOFORMAÇÃO MINERALÓGICA.....	647
ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO.....	657
PATRIMÓNIO GEOMINEIRO, ARQUEOLOGIA E SOCIOLOGIA.....	660
LEGISLAÇÃO .....	671
RECURSOS GEOLÓGICOS .....	671
AMBIENTE E ÁGUA.....	672

ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO .....	672
PATRIMÔNIO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA.....	673
DIÁRIOS DO GOVERNO .....	674
CARTOGRAFIA E NOTÍCIAS EXPLICATIVAS .....	677
ARQUIVOS TÉCNICOS .....	681
ARQUIVOS MINEIROS.....	683
<b>I. ANEXO</b>	
DADOS DE REFERÊNCIA E RELAÇÃO ENTRE ELEMENTOS ANALÍTICOS .....	697
<b>II. ANEXO</b>	
CONCESSIONÁRIOS DE MINAS.....	698
<b>III. ANEXO</b>	
GUIÃO DE ENTREVISTA.....	699
<b>IV. ANEXO</b>	
ACERVO DOCUMENTAL MINEIRO .....	700
<b>V. ANEXO</b>	
ACERVO DOCUMENTAL MINEIRO .....	701
<b>VI. ANEXO</b>	
IMPOSTOS FIXOS E PROPORCIONAIS.....	702
<b>VII. ANEXO</b>	
COMPOSIÇÕES DE TUNGSTATOS.....	703
<b>VIII. ANEXO</b>	
COMPOSIÇÕES DE ARSENATOS .....	704
<b>IX. ANEXO</b>	
RESULTADOS ANALÍTICOS EM ÁGUAS DE ESCORRÊNCIA .....	705
<b>X. ANEXO</b>	
RESULTADOS ANALÍTICOS EM ÁGUAS DE DRENAGEM DE MINA.....	706
<b>XI. ANEXO</b>	
RESULTADOS ANALÍTICOS DO ESTUDO DE SEDIMENTOS DE LEITO.....	707
<b>XII. ANEXO</b>	
OPERAÇÕES DE DESBASTE DE LOTEAMENTO E “SORTING” .....	708
<b>XIII. ANEXO</b>	
ATLAS DE IDENTIFICAÇÃO MINERALÓGICA .....	709

# ÍNDICE DE FIGURAS

## I. CAPÍTULO

<b>Figura I.1.</b> Esquema conceptual do sistema de gestão integrada de espaços mineiros abandonados (EMa).....	3
<b>Figura I.2.</b> Localização da área de estudo – Região da Serra d'Arga – ao nível da cartografia de referência, geológica e topográfica. Sobre o modelo digital de terreno (MDT) estão sobrepostas as áreas de concessão mineira atribuídas no decorrer do sec. XX, distinguidas pela substância explorada (Melo Nogueira <i>et al.</i> 1962). O MDT foi construído a partir dos valores de hipsometria das folhas 6, 7, 14, 15, dos Serviços Cartográficos do Exército (escala 1:25 000). .....	4
<b>Figura I. 3.</b> Mapa geológico e áreas de concessão mineira que representam o EMa, da região da Serra d'Arga. Os limites respeitam à cartografia militar, folhas 6, 7, 14 e 15, e a área em estudo abrange um enquadramento mais alargado a N e S, conforme se apresenta na Figura I.2.....	10
<b>Figura I.4.</b> Distribuição dos estereogramas relativos aos corpos filonianos explorados na região da Serra d'Arga. O centro de cada estereograma coincide com o da área de concessão onde foi descrita a ocorrência (Planos de Lavra da empresa peticionária e Relatórios de Reconhecimento da entidade fiscalizadora). As cores dos planos projectados são abordadas no Capítulo relativo aos Elementos Analíticos.....	14
<b>Figura I.5.</b> Distribuição dos elementos de representação espacial do EMa: Concessões, Campos e Faixas mineiras.....	15
<b>Figura I.6.</b> Pirâmide sistemática de recursos para representação de um mineral específico (Mc Divitt, 1965). .....	17
<b>Figura I.7.</b> Diagrama adaptado do Quadro de McKelvey para a qualificação económica dos recursos minerais. Os termos e relações base são ainda hoje usadas pelo USGS, desde que Vincent Ellis McKelvey, como director daquela instituição, os estabeleceu em 1974.....	18
<b>Figura I.8.</b> Matriz sinóptica de vários métodos de prospecção na descoberta de depósitos minerais (adaptado de Laznicka, 2010). Qualificação do método: u decisivo, O revelador, % resultados pouco animadores, <sup>1</sup> resultados muito pouco animadores .....	19
<b>Figura I.9.</b> Modelos de evolução e revisão da potencialidade mineira (modificado de Laznika, 2010).....	21
<b>Figura I.10.</b> Secção esquemática de um depósito de sulfuretos, com o padrão típico de um nível superior oxidado (zona de lixiviação) e um nível inferior reduzido, de acumulação de metais, (zona de enriquecimento supergénico). A zona aflorante, de materiais ferruginosos, muitas vezes preservando estruturas cristalinas e hábitos de sulfureto primários designa-se de gossan. A barreira redox é aqui ilustrada pelo nível freático (esquema modificado de Webb, <i>cit por</i> Robb, 2009). .....	22
<b>Figura I.11.</b> Esquema modificado de ambientes de gossanização para climas tropicais. A - espectro de ocorrências do tipo gossan a par de outras deposições ferríferas. B - Representações de limonites granulares ou pulverulentas neoformadas a partir de sulfuretos disseminados e precipitadas como: 1: indígena, 2: difusa, 3: exótica. (modificado de Blanchard, 1968) .....	25
<b>Figura I.12.</b> Distribuição de índices mineiros no Norte de Portugal (modificado de Soares Carneiro, 1971), sobre Carta de Áreas de Exploração Mineira de Portugal (1936-1992), escala 1:500.000 (LNEG, s/d.). Fundo hipsométrico com 5 classes de elevação.....	29
<b>Figura I.13.</b> Mapa das áreas de estudo particulares em que se desenvolveram tarefas de caracterização específica de EMa, no terreno. ....	31
<b>Figura I.14.</b> Mapa das áreas de estudo em que se desenvolveram tarefas de caracterização específica de EMa, a partir do suporte documental .....	32
<b>Figura I.15.</b> Relação esquemática entre os dados de referência e elementos analíticos que decorrem da presente investigação.....	33
<b>Figura I.16.</b> Sistema de Informação de Ocorrências e Recursos Minerais Portugueses (SIORMINP), extracto para a RMArga. ....	34
<b>II. CAPÍTULO</b>	
<b>Figura II. 1.</b> Diagrama sinóptico da análise de conteúdo aplicada a entrevistas a antigos trabalhadores mineiros.....	45
<b>Figura II. 2.</b> Diagrama sinóptico aplicado à análise documental em <i>dossiers</i> .....	46
<b>Figura II. 3.</b> Sistema de Categorias/Subcategorias dos documentos que integram um <i>dossier</i> mineiro (adaptado de Alves, 2007). .....	47
<b>Figura II. 4.</b> Conjunto esquemático dos elementos técnicos (mineiros, da geologia do depósito e do processo administrativo da concessão) seleccionados para análise documental de dossiers mineiros. ....	50

Figura II. 5. Esquemas simplificados da diversidade de ambientes e materiais considerados no diagnóstico do EMA. ....	54
Figura II. 6. Parâmetros do sistema de cores Munsell – luminosidade, tom e saturação. ....	56
Figura II. 7. Diagrama analítico para o estudo de amostras de mão provenientes de escomboreiras ou frentes de desmonte. ABREVIATURAS: Testemunho (T); Difracção de Raios-X (DRX); Microscópio Óptico de Luz Reflectida (MOLR); Microsonda Electrónica (MSE). ....	57
Figura II. 8. Diagrama analítico para o estudo de precipitados em cursos de água de diminuto caudal ou zonas de concentração e percolação de águas ácidas de mina. ABREVIATURAS: Testemunho (T); Difracção de Raios-X (DRX); Microscópio Óptico de Luz Reflectida (MOLR); Microsonda Electrónica (MSE). ....	58
Figura II. 9. Diagrama analítico para o estudo de sedimentos de leito fluvial em cursos de água afectados por drenagem de origem mineira. ....	62
Figura II. 10. Ábacos usados na estimativa visual dos conteúdos de fases minerais (Terry e Chillingar, 1955) ....	63
Figura II.11 Elementos químicos analisados nos diferentes materiais (água e sedimentos) segundo as técnicas analíticas: espectrometria de massa com plasma indutivo acoplado (ICP-MS) de alta resolução (HR); espectrometria de emissão óptica com plasma indutivo acoplado (ICP-OES), extracção por água régia (AR).....	65
Figura II. 12. Diagrama analítico para o estudo de água, provenientes de escorrências ou cursos receptores de drenagens afectadas por resíduos ou infra-estruturas mineiras. Enumeração dos objectivos da análise. ....	67
Figura II. 13. Diagrama analítico para o estudo de tecidos vegetais crustificados com precipitados ocre, em corredores ripícolas de cursos de água afectados pela drenagem ácida de mina. ....	71
Figura II. 14. "Sistema Decádico" para a distribuição dos elementos químicos, neste caso os valores são Clarkes arredondados (de acordo com Fersman, cit por Rosler e Lange, 1972).....	72
Figura II. 15. Diagrama de Ficklin para classificação da água de drenagem mineira e de cursos fluviais receptores da drenagem. ....	73

### III. CAPÍTULO

Figura III.1. Limites administrativos que dividem a RMArga (CAOP, 2011). Localização no N de Portugal dos EMA em que incidiram amostragens pontuais. LEGENDA (Norte de Portugal): 1- Concelho que circunscreve o EMA amostrado; 2- Cursos de água receptores de drenagem mineiras; 3- Estações Hidrométricas (INAG, 2006); 4 - Rede hidrográfica principal. ....	77
Figura III. 2. Modelo de elevação digital do terreno (MDT) correspondente à área de estudo maior, com implantação das áreas de concessão mineira antigas, retiradas da Base de Dados SIORMINP (LNEG, s/d).....	79
Figura III. 3. Rede hidrográfica e áreas de concessão da RMArga. ....	80
Figura III. 4. Cartas de condicionalismos naturais: Declive, Erodibilidade e Zonas Climáticas (Escala 1:100.000), (CIGESA, 2011) ....	84
Figura III. 5. Estações de monitorização do SNIRH (■), que abrangem a RMArga (INAG, 2000), especificações na Tabela III. 6.....	85
Figura III. 6. Dados de precipitação mensal (mm) registados pelas estações indicadas na Tabela III. 6, para o intervalo de tempo Outubro de 2006 a Maio de 2011. ....	85
Figura III. 7. Cartas de Precipitação média anual e Precipitação máxima diária anual e Altimetria do Norte de Portugal (SNIRH, 2010), Instituto da Água (1999).....	86
Figura III. 8. Cartas de temperatura média, evapotranspiração, escoamento médio anual segundo o modelo de Temez (PNA, 2002) e factor de erosividade da precipitação (SNIRH, 2010; Instituto da Água, 1999). ....	87
Figura III. 9. Cartas de Aptidão e Usos do Solo, escala 1:50 000 (IPVC-ESAPL, 2011). ....	88
Figura III. 10. Cartas de Ocupação de Solos (COS) respectiva aos anos 1990, 2000 e 2005; escala 1:25 000 (IPVC-ESAPL, 2011). ....	89
Figura III. 11. Condições antrópicas com incidência espacial na região mineira em estudo, escala 1:25 000 (IPVC-ESAPL, 2011). ....	90
Figura III. 12. Evolução da população residente de algumas freguesias de Ponte de Lima. ....	91
Figura III. 13. Divisão zonal do Maciço Ibérico (modificado de Julivert <i>et al.</i> 1974 e Quesada, 1991; <i>in</i> : Sánchez-García <i>et al.</i> 2010). Legenda das abreviaturas não descodificadas no texto: OF: unidades ofiolíticas; ZCBC: zona de cisalhamento Badajoz – Córdova; PL: formações de Pulo do Lobo. Área de estudo delimitada por quadrado vermelho.....	92
Figura III. 14. Matriz colisional Varisca dos granitos e sistemas residuais (extraído de Leal Gomes <i>et al.</i> 2010b) ....	93

Figura III. 15. Cartografia geológica da Folha 1, na escala 1:200.000 (Pereira et al. 1989). Simplificação da cartografia revista da Folha 1C, na escala 1:50.000 (Leal Gomes et al. 2008). Demarcação das áreas de concessão que integram a RMArga.....	94
Figura III. 16. Número de concessões/coutos mineiras atribuídas no período de 1928 - 1937, que se encontravam em lavra activa e abandonadas (valores em DL n.º29725 de 1939 .....	100
Figura III. 17- Matriz de indicadores ideológicos e da prática mineira, segundo as disposições de alguns dos diplomas legais estruturantes da administração mineira, do séc. XIX ao actual regime.....	109
Figura III. 18. Sucessão dos quadros legais ao longo do período em que houve atribuição de áreas de concessão mineira na RMArga.....	110
Figura III. 19. Valores relativos de produção mineira mundial de tungsténio e estanho entre 1900 e 2011 (USGS,2012) .....	111
Figura III. 20. Principais áreas mineiras (concessões e coutos) no N de Portugal. Polígonos a preto correspondem às áreas de concessão sobre os alinhamentos estruturais presentes na Carta Geológica de Portugal, folha 1, escala 1:500.000. Índices esclarecidos na Tabela III.12. ....	116
Figura III. 21. Distribuição das áreas de concessão mineira: A: atribuídas no passado de 1836 a 1992 (conforme SIORMINP, LNEG, s/d); B: áreas de exploração actual, atribuídas à data de Março de 2013; C: áreas de prospecção e pesquisa atribuídas à mesma data (DGEG, 2013) .....	124
Figura III. 22. Distribuição cartográfica e temporal das áreas de concessão atribuídas à RMArga, para as substâncias indicadas. ....	126
Figura III. 23. Distribuição dos campos mineiros considerados para a RMArga de C1 a C14, distribuídos no entorno de toda a Serra d'Arga, fundo sobre modelo digital de terreno. ....	127
Figura III. 24. Áreas de prospecção na RMArga segundo DGEG (2013).....	129
Figura III. 25. Localização de áreas mineiras abandonadas no Norte de Portugal, incluídas no inventário de diagnóstico e hierarquização apresentado pela EDM no âmbito do DL n.º 198-A/2001.....	133

## IV. CAPÍTULO

Figura IV.1. Diversidade de <i>mapas de demarcação de concessão</i> .....	139
Figura IV.2. Localização dos locais onde correu a entrevista (na sua maioria, nas residências dos entrevistados).....	144
Figura IV. 3. Gráfico-Matriz da análise frequencial de categorias e subcategorias - hierarquização mediante a frequência de ocorrências das UR , em conformidade com as orientações de Bardin (1994) e expressando a síntese da Grelha de análise de conteúdo de entrevistas. ....	149
Figura IV.4. Caracterização da comunidade mineira.....	150
Figura IV. 5. Planeamento Mineiro .....	157
Figura IV.6. Abandono Mineiro.....	168
Figura IV. 7. Geologia do Depósito Mineral.....	174
Figura IV.8. Impacte ambiental.....	178
Figura IV.9. Diagramas sinópticos dos <i>dossiers</i> do couto mineiro de Dem (CMn.º6) e do couto mineiro de Valdarcas (CMn.º58).....	184
Figura IV.10. Tipo de lavra adoptada em cada concessão, segundo as “memórias descritivas” dos PL presentes nos <i>dossiers</i> mineiros das minas da RMArga.....	189
Figura IV.11. Exemplo de um desmonte a céu aberto – mina da Cerdeirinha (41°51'45"N, 8°42'29"W, Goolge Earth™ 7.0.3.8542, imagem captada a 30.Out.2006). ....	191
Figura IV.12. Desmonte a céu aberto, plantas anexas ao PL da Lapa Grande (1955) - memória descritiva no IV.19 ANEXO.....	193
Figura IV.13. Exploração de <i>placers</i> . ....	193
Figura IV.14. Poço de Extracção e modelo de revestimento das galerias da mina de Penedo do Outão ( <i>Dossier 2640</i> , esquemas do Eng.º Armando Cesar Lopes Pimentel, PL, 1941). ....	194
Figura IV.15. Detalhe de um desmonte por <i>degraus invertidos</i> (apoio com pilares provisórios) – mina de Santa Justa n.º 2, pela concessionária Mineira Santa Justa, <i>Dossier 2761</i> , PL (1941). ....	195
Figura IV.16. Detalhe do método de desmonte “ <i>shrinkage stopes</i> ” partindo de um poço de extracção em galerias travessas.....	196
Figura IV.17. Detalhe do método de desmonte das <i>talhadas horizontais</i> , com enchimento. Ilustração anexa ao PL de Cruz da Facha, <i>Dossier 3371</i> (1965). ....	197

Figura IV. 18. Detalhe do método de desmontes por degraus invertidos com enchimento simultâneo, representação anexa ao PL do Couto Mineiro de Dem, <b>Dossier CM6 (1940)</b> .....	197
Figura IV.19. Planta e cortes do sistema de galerias de Valdarcas no ano de 1967. ....	199
Figura IV.20. Localização na RMArga das oficinas de preparação e tratamento de minério, vulgarmente designadas por lavarias. ....	202
Figura IV.21. "Gráfico do movimento da preparação do minério" - mina de Serra de Santa Justa" ( <b>Dossier 803, PL, 1941</b> ).....	207
Figura IV. 22. Lavra em aluvião - esquema de desmonte por "talhões" da mina de Lobatos ( <b>Dossier 2201, PL, 1942</b> ).....	208
Figura IV.23. Engenho de apoio à lavra em aluviões – esquema de um sistema de <i>sluice</i> e caleiras que acompanhavam a frente de desmonte, ("ciranda" à cabeça. ....	209
Figura IV.24. Diagrama de tratamento dos minérios de Monteiro, <b>Dossier 1944 (1936)</b> . ....	213
Figura IV.25. Diagrama de tratamento da lavaria de Valdarcas para minérios da Cerdeirinha. (adaptado de Cruz Moreira, 1973). ....	214
Figura IV.26. Croquis de uma instalação desenvolvida pela CMNorte, ( <b>CMNorte, 1956</b> ) para o tratamento das apatites de Valdarcas, protótipo na escala 1/500.....	215
Figura IV.27. Fotos anexas à "Informação sobre a reclamação contra o pedido de concessão Cerdeirinha"(1954), <b>Dossier 2947</b> .....	217
Figura IV.28. Mapa dos vestígios do funcionamento mineiro passado – localização dos campos mineiros.....	223
Figura IV.29. Localização do Campo Mineiro da Serra de Covas. ....	224
Figura IV.30. Lavaria e sequência de tratamento dos minérios da concessão Penedo do Outão, sob administração de Ferreirinhas & Melo, plano do Eng.º Armando Cesar Lopes Pimentel (1941), <b>Dossier 2640</b> .....	226
Figura IV.31. Lavaria e sequência de tratamento dos minérios da concessão Serra de Covas nº1, sob administração de Geomina, plano do Eng.º Artur Mendes Costa (1941), <b>Dossier 2196</b> .....	226
Figura IV.32. Localização do Campo Mineiro do Lousado. ....	227
Figura IV.33. Lavaria e sequência de tratamento dos minérios da concessão Regueira da Amieira, sob administração de Castelo Branco & C.ª, Lda., plano do Eng.º Oscar Vieira Gaspar Neves (1941), <b>Dossier 2283</b> .....	229
Figura IV.34. Lavaria, diagrama de tratamento dos minérios e anexos mineiros (Casa do guarda, carpintaria e forja) da concessão Serra do Lousado, sob administração de Compagnie Française des Mines, plano do Eng.º Augusto Barata da Rocha (1941), <b>Dossier 2192</b> .....	229
Figura IV.35. Localização do Campo Mineiro da Cabração. ....	230
Figura IV.36. Zonografia das minas da Cabração por substância (195?) <b>Dossier 2905</b> .....	230
Figura IV.37. Planta dos trabalhos mineiros de Monteiro ( <b>Dossier 1944 PL, 1943</b> ).....	231
Figura IV.38. Método de desmonte para <i>placers</i> , designado de "em talhões". <b>Dossier 2480, PL, 1949</b> .....	232
Figura IV.39. Fotografias que acompanhavam o Relatório de Reconhecimento Mineiro da Concessão de Vilarinho nº4, da autoria do Eng.º Fernando Soares Carneiro (1954).....	234
Figura IV.40. Lavaria e diagrama de tratamento dos minérios da concessão "Vilarinho nº4" sob administração de Geomina, autoria do Eng.º Manuel Silva (1954), <b>Dossier 3091, PL 1954</b> .....	234
Figura IV.41. Localização do campo Mineiro de Formigoso-Cabanas. ....	235
Figura IV.42. Imagem da Concessionária da mina de Cabanas "Mineira do Lima", 1934 (Dossier 2339, 1943).....	236
Figura IV.43. Lavaria manual e sequência de tratamento dos minérios da concessão "Regueira da Sobreira", sob administração d' A Mineira das Pedras Finas, plano da autoria do Eng.º Arsénio Nunes da Fonseca (1942). ....	237
Figura IV.44. Lavaria e diagrama de tratamento dos minérios da concessão de Cabanas, sob administração da Mineira do Lima, plano da autoria do Eng.º Quirino José Salgueiro Machado (1941) ( <b>Dossier 2339</b> ).....	238
Figura IV.45. Localização da área de concessão e anexos mineiros de "Cabanas". Vestígios da lavra superficial (trincheiras): as cortas de acesso às galerias e os edifícios – lavaria, casa do guarda, muros de vedação e contenção de estêreis.....	238
Figura IV.46. Localização do Campo Mineiro de Cumieira à Junqueiro. ....	239
Figura IV.47. Formulário do registo mineiro de Andorinheiras (1947) feito pelo manifestante <i>Dr. Gaspar Queirós</i> , "químico analista" e influente agente mineiro das sociedades concessionárias de Ponte de Lima ( <b>Dossier 2900, PL, 1954</b> ).....	241
Figura IV.48. Lavaria e diagrama de tratamento dos minérios da concessão de Cumieira, sob administração de Entreposto Mineiro do Minho, autoria do Eng.º José Augusto Silva Duarte (1941), Cumieira, <b>Dossier 2137</b> .....	242

Figura IV.49. Localização do Campo Mineiro de Argas-Cerquido. Base geológica (adaptada de <b>Dias, 2012</b> , legenda na <b>Figura I.3</b> ); Modelo Digital do Terreno com a implantação dos trabalhos mineiros antigos.....	242
Figura IV.50. Planos da Lavaría e diagrama de tratamento dos minérios da concessão de Cavalinho, sob administração do Entrepósito Mineiro do Minho, da autoria do Eng.º Quirino José Salgueiro Machado (1941), <b>Dossier 2663</b> .....	244
Figura IV.51. Localização do Campo Mineiro de Santa Justa. Base geológica .....	245
Figura IV.52. Termos comparativos das despesas associadas ao arranque da concessão de Santa Justa n.º2, distinção do custo de produção por filões (total 58\$50) e aluvião (total 40\$00), ( <b>Dossier 2761, PL, 1943</b> ) .....	246
Figura IV.53. Planta e cortes da lavaría e zona de exploração sob filões, na área de concessão de Santa Justa n.º2, sob administração da concessionária Mineira de Santa Justa, da autoria de Waldemar Santos Portela Coelho ( <b>Dossier 2761, PL, 1943</b> ) .....	247
Figura IV. 54. Imagem de Satélite da mina de Santa Justa n.º2. ....	247
Figura IV.55. Vistas Aéreas sobre as áreas de concessão de Serra de Santa Justa e Santa Justa n.º2 representam pormenores da <b>Figura IV. 54</b> .....	248
Figura IV.56. Imagem de Satélite da área mineira de Estorãos - associação espacial das escavações subterrâneas e as áreas de pastoreio delimitadas com muros.....	248
Figura IV.57. Localização do Campo Mineiro de Vila Mou. ....	249
Figura IV.58. Planta, perfil e diagrama da instalação de preparação de minérios de Balsas, sob administração da Sociedade Mineira do Tântalo, planos do Eng.º Mário Duarte Palhota ( <b>Dossier 3121, PL, 1956</b> ). ....	251
Figura IV.59. Localização do Campo Mineiro da Agueira. ....	252
Figura IV.60. Planta dos trabalhos da mina de Alto da Bouça das Freiras ( <b>Dossier 2223, PL, 1945</b> ). ....	252
Figura IV.61. Plantas e cortes dos trabalhos de pesquisa da mina de Alto da Bouça da Breia. No mapa geral estão associadas as duas concessões Alto da Bouça da Breia e Folgadoiro do mesmo concessionário - Sociedade Mineira do Folgadoiro.....	254
Figura IV.62. Fotografias dos trabalhos de pesquisa da mina do Alto da Bouça da Breia. ....	254
Figura IV.63. Localização do Campo Mineiro de Vale do Âncora.....	255
Figura IV.64. Localização do Campo Mineiro Traz Ancora. ....	256
Figura IV.65. Perfil do Rio Âncora (W - E) com os trajectos referentes às diversas correntes atravessadas, onde são referenciados os teores de CAS e Au em <i>placers</i> e zonas de concentração preferencial em leito vivo ( <b>Dossiers 1928, 1929 e 1930, correspondentes PL, 1935</b> ). ....	257
Figura IV.66. "Diagrama de tratamento da aluvião" da mina Rio Ancora n.º2 ( <b>Dossier 1929, PL, 1935</b> ). ....	258
Figura IV.67. Localização do Campo Mineiro de Gondar. ....	259
Figura IV.68. Lavaría de Zebres, sede de tratamento do Couto Mineiro de Gondar (CM24), sob administração da concessionária The Gondar Tin Mines, projecto do Eng.º Benjamin Whittaker ( <b>Dossier 1451, PL, 1926</b> ). ....	260
Figura IV.69. Esquema de tratamento de Chão das Cancelas ( <b>Dossier 2018, PL, 1954</b> ) .....	260
Figura IV.70. Localização do Campo Mineiro de Dem. ....	261
Figura IV.71. Trabalhos realizados até 1953 na mina de Corzes, sob a administração da Minero Agrícola do Norte ( <b>Dossier 2194, RTR, 1954</b> ).....	262
Figura IV.72. Imagem de Satélite das minas de Vale da Cachada, Vale do Azado, Real e Corzes . ....	262
Figura IV.73. Valores de produção em Kg no período 1951 – 60 ( <b>Teixeira e Assunção, 1961</b> ). ....	263
Figura IV.74. Vestígios do tratamento realizado na mina de Castelhão (década de 1940), carácter peculiar das actividades mineiras na RMArga. As escavações teriam sido realizadas pela concessionária – Gaudêncio Valente e Faria -, atendendo à forma como a actividade estava organizada, segundo grupos/famílias que desmontavam o depósito filoniano/venular e procediam à fragmentação e lavagem nas imediações deste maciço granítico.....	263
Figura IV.75. Lavaría de Bouças - Real n.º1, anterior à ampliação de 1951, sob administração de PACHANCHO ( <b>Dossier 1683, PL, 1948</b> ).....	264
Figura IV.76. Lavaría do Lugar de Dem, eventual sede de tratamento do Couto Mineiro de Dem, sob a administração da Gold General Mining Development, plano do Eng. Augusto Nascimento da Fonseca Jr. ( <b>Dossier CM6, PL, 1940</b> ). ....	265
Figura IV.77. Localização do Campo Mineiro de Valdarcas - Domo de Covas.....	265

Figura IV.78. Planta, corte e diagrama da “Lavaria-piloto” da Lapa Grande, sob administração de Gaudêncio, Valente & Faria ( <i>Dossier</i> 2976, PL, 1955).....	267
Figura IV.79. Localização, Corte N-S e diagrama da “Lavaria-Piloto” da mina da Cerdeirinha, sob a administração de MINARGA, Minas da Serra d’Arga ( <i>Dossier</i> 2947, PL, 1958). No diagrama a indicação das diferentes granulometrias conseguidas nas operações de fragmentação reportam-se à unidade mm. ....	268
Figura IV.80. Produção Anual de Concentrados de scheelite e volframite, período 1964-1984. ....	269
Figura IV. 81. Dados socioeconómicos nacionais que condicionaram o funcionamento mineiro ( <i>Dossier</i> CM58, RTR, 1984).....	271
Figura IV. 82. Relações de colocação dos aplito-pegmatitos ao longo das 4 etapas de evolução diapírica do plutonito de Arga, adaptado de Leal Gomes (1986).....	275
Figura IV. 83. Distribuição de ocorrências filonianas por sectores discriminados pela intensidade de transposição S2 - S3 (adaptado de Leal Gomes, 1994). ....	276
Figura IV. 84. Cortejo de atitudes atribuídas aos depósitos filonianos da RMArga: <b>A / G</b> - filões de quartzo; <b>B, C, D, E, F</b> - filões aplito-pegmatíticos com diferentes possanças - projecção da atitude média no hemisfério inferior. ....	277
Figura IV. 85. Relações geométricas entre os tipos principais de pegmatitos no que respeita à sua cronologia de implantação relativamente à evolução do orógeno Varisco. ....	277
Figura IV. 86. Implantação tridimensional dos estereogramas relativos a filões explorados. Base geológica adaptada de Dias, (2012), legenda das litologias semelhante à Figura I.3. ....	279
Figura IV. 87. Distribuição das faixas mineiras propostas para a RMArga, associação aos lineamentos deduzidos da Implantação tridimensional dos estereograma de filões explorados. ....	280

## V. CAPÍTULO

Figura V. 1. Tipologia de materiais presentes em escombeiras.....	293
Figura V. 2. Aspectos de transição entre scheelite (SCH) e ferberite (FERB) em grãos zonados do concentrado de bateia da Cerdeirinha.....	305
Figura V. 3. Grãos de scheelite em associações pirrotíticas (PIR), intercrescimentos de tungstatos com inclusões (Bi nativo e F-apatite) em grãos seleccionados do concentrado de bateia da Cerdeirinha. ....	306
Figura V. 4. Scheelite incluída em sulfuretos maciços da Cerdeirinha.....	307
Figura V. 5. Inclusões em scheelite compósita (SC), matriz em sulfuretos maciços da Cerdeirinha.....	308
Figura V. 6. Volframites compósitas (VF) e scheelite (SC) em associação com plagioclase e apatite (APA) em litologias silicatadas.....	309
Figura V. 7. Scheelite intercrescida com pirite, com bordo de volframite, litologias calcossilicatadas de Valdearcas.....	310
Figura V. 8. Síntese de observações em paragénese com tungstatos de ambientes genéticos vulcanogénicos a exalativos - representando condições oxidantes e redutoras. ....	311
Figura IV. 9 Cristal de sulfuretos com sobre-crescimento concrecional de fosfatos. ABREVIATURAS: sulfureto indiscriminado (SULF); plumbogummite (PLU); petitjeanite (PE) (amostra Ef - Cavalinho, Fulão).....	314
Figura V. 10. Stolzite nuclear (STOLZ) com bordo de alteração ( <b>A</b> ). <b>B</b> - Aspecto da textura concrecional de uma scorodite recobrimdo raspite (RASP) tabular; <b>C</b> - inclusões de um fosfato de TR na stolzite - xenotima ou churchite.....	315
Figura V. 11. Cristal alongado de raspite ( <b>A</b> ) com inclusões fosfáticas, possivelmente churchite (CHUR?) ( <b>B</b> ) distinção de secções quadradas. ....	316
Figura V. 12 - Imagens de electrões retrodifundidos (observação em MEV) das associações: <b>A</b> - stolzite - raspite; <b>B</b> - raspite - scorodite.....	317
Figura V. 13 - Microfotografias da cavidade de uma bloco de quartzo com tungstatos: <b>A</b> - agregado cristalino de stolzite sobre quartzo, parcialmente recoberto com tungstite (?); <b>B</b> - grupo de cristais de raspite (fotos de P. Alves).....	317
Figura V. 14. Difractograma correspondente a uma amostra mista com stolzite e raspite de materiais em cavidade de blocos de quartzo recolhidos na escombreira do Fulão (Cerquido). ....	318
Figura V. 15. Agregados criptocristalinos de texturas coloidais complexas - aspecto macroscópico arborescente. ....	318
Figura V. 16. Scheelite fracturada com preenchimento de scorodite.....	319
Figura IV.17. Cavidades de tipo <i>boxwork</i> e fracturas em volframite, numa matriz de sulfuretos. ....	320
Figura V. 18. Intercrescimentos entre tungstatos e scorodite. <b>A</b> - Volframite (VF) incluída em stolzite (ST), intercrescida com scorodite (SCO). <b>B</b> - Stolzite com aspecto cavernoso, fracturas com pirite (PI) e relíquias de scheelite (SC). ....	321
Figura V. 19. Volframite compósita (VFc) intercrescida com stolzite (ST), em cavidade miarolítica de quartzo (QZ).....	321

Figura V. 20. Relações texturais entre tungstatos no EMA de Sta. Justa, sector de Estorãos. <b>A:</b> scheelite fracturada, com preenchimentos quartzosos e scorodíticos; <b>B:</b> volframite incluída na scheelite, com contorno subédrico e marcas de fracturas e deformação imposta. ....	322
Figura V. 21. Intercrescimento de volframite (VF), arsenopirite (ARS) e scorodite (SCO), com variação morfológica de padrão homogêneo a bandados colofórmicos (SCOb) – Castelhão.....	322
Figura V. 22. Desenvolvimento intersticial de stolzite em scheelite (amostra de quartzo com sulfuretos do Cavalinho -Fulão) .....	323
Figura V. 23. Intercrescimentos volframite (VF) - stolzite (ST) observados numa amostra proveniente de uma cavidade de quartzo e scorodite.....	323
Figura IV.24. Quadro dos modos de contacto (critérios de <b>Moëlle e Lévy, 1976</b> adoptados em <b>Leal Gomes e Gaspar (1992)</b> ) .....	325
Figura V. 25. Expressão vestigial de Ca nas volframites, variação correlacionada dos conteúdos de Ca e W (APFU) – distinção dos ambientes de formação hidrotermal e vulcanogénico.....	328
Figura V. 26. Expressão vestigial de Bi nos portadores específicos de W – scheelites, stolzites-raspites e volframites - variação correlacionada dos conteúdos de Bi e W (APFU).....	328
Figura V. 27. Diagramas triangulares Pb-Ca-Bi (elementos vestigiais mais relevantes) das volframites – distinção dos dois ambientes em estudo.....	329
Figura V. 28. Relação composicional dos conteúdos de Fe, Mn, Ca nos grãos densos da Cerdeirinha (eixo yy logarítmico). ....	330
Figura V. 29. Diagrama de variação Mn/Fe (APFU), das volframites analisadas nos ambientes genéticos meta-vulcanogénico e hidrotermal. ....	331
Figura V. 30. Diagramas triangulares Mn – Fe – Bi, elementos traço com expressão em scheelites e stolzites – raspites. ....	333
Figura V. 31. Diagrama de variação Ca/W (APUF), das scheelites analisadas nos ambientes genéticos meta-vulcanogénico e hidrotermal de Arga.....	334
Figura V. 32. Diagrama triangular de Ca - Fe - Mn - elementos traço presentes nos precursores da stolzite - raspite .....	335
Figura V. 33. Diagrama de correlação composicional de stolzite – raspite para os elementos: Ca, Fe, Mn, Pb, W, Ba e Bi.....	336
Figura V. 34. Dendograma para o conjunto de análises pontuais realizadas em tungstatos I e II na RMArga (clusters segundo as médias de Fe, Ca, Pb e Bi). ....	337
Figura V. 35. Esquema simplificado do ambiente de crustificação.....	342
Figura V. 36. Esquema simplificado de fixação por absorção – adsorção na interface mineral-água, controladas pela reactividade da superfície mineral, mais especificamente pelos grupos funcionais que reagem com as espécies químicas em solução .....	345
Figura V.37. <i>Diagrama de Ficklin</i> das águas de drenagem dos EMA de: <b>Valdarcas</b> (Ribeira do Poço Negro - Rio Coura, os símbolos círculo, triângulo e quadrado dizem respeito à amostragem de Fevereiro Junho e Setembro respectivamente), <b>Santa Justa</b> (cursos de água receptores de drenagens de escombrelas e escavações mineiras) (análises químicas por ICP-MS / EOS); <b>Fulão e Castelhão</b> (escorrências superficiais); EMA comparativos, fora da RMArga: <b>Penedono, Adoria e Tibães</b> - (análises químicas por HS ICP-MS).....	347
Figura V.38. Diagrama Eh-pH para o sistema As- Fe – S – H <sub>2</sub> O (modificado de <b>Zhu e Merkel, 2001</b> e <b>Takeno, 2005</b> ).....	351
Figura V.39. Diagramas comparativos dos domínios de estabilidade da scorodite, variação dos mecanismos de dissolução (congruente e incongruente) em função da precipitação de oxi-hidróxidos de Fe (adaptado de <b>H avay et al., 2006</b> ). ....	354
Figura V.40. Localização no N de Portugal dos EMA em que incidiram amostragens pontuais de neoformações mineralógicas supergénicas e águas de escorrência superficial: .....	357
Figura V.41. Mapa de enquadramento do EMA de Castelhão, segundo a Carta Geológica - Folha 1, escala 1/200 000 ( <b>Pereira, 1989</b> ).....	359
Figura V.42. EMA de Castelhão antes (A); durante (C) e após (B) a construção da rodovia sobre a área mineira.....	360
Figura V.43. Fácies de acolhimento aplito-pegmatítica da mineralização fosfática.....	361
Figura V.44 . Difractograma de RX sobre pós de uma amostra de fosfatos da série planerite-turquesa, similar à ilustrada na <b>Figura V.43 A</b> (EMA de Castelhão). ....	361
Figura V.45. Diversidade morfológica e cromática apreciável em amostras de mão das escombrelas <b>E4-5E</b> (C,D, E, G-H) e <b>E4</b> (A,B e F), EMA de Castelhão .....	362
Figura V.46. Difractogramas de RX correspondentes à associação de minerais de cavidades distintas, com revestimento scorodítico ilustrados na <b>Figura V.45 C e D</b> (EMA de Castelhão).....	363

<b>Figura V.47.</b> Difractograma de RX de cristal de scorodite similar aos que se ilustram na figura (fotografia em LB), flutuantes, de crescimento livre em <i>boxwork</i> , similares ao cristal da <b>Figura V.45F</b> (EMa de Castelhão). Ficha JCPDS: 37-0468 (scorodite). Picos diagnósticos da base de dados ICDD. ....	364
<b>Figura V.48.</b> Evidências de uma cronologia de alteração de sulfuretos → arsenatos (observações em LB) .....	364
<b>Figura V.49.</b> Aspectos de alteração/instabilização da scorodite (observações em LB):.....	365
<b>Figura V.50.</b> Difractogramas de RX correspondentes a produtos de alteração de sulfuretos.....	365
<b>Figura V.51.</b> Mapa de enquadramento do EMa de Fulão, segundo a Carta Geológica - Folha 1, escala 1/200 000, ( <b>Pereira, 1989</b> ). .....	368
<b>Figura V.52.</b> Imagens do EMa de Fulão. ....	369
<b>Figura V.53.</b> Diversidade morfológica e cromática apreciável em escombreira e afloramento no EMa do Fulão. ....	370
<b>Figura V.54.</b> Interpretação morfológica de produtos gossanizados no EMa do Fulão, fotografia do afloramento e redução geométrica. ....	371
<b>Figura V.55.</b> Interpretação morfológica e cromática de produtos de alteração de sulfuretos em escombreira no EMa do Fulão, fotografia da amostra de mão e redução geométrica. ....	372
<b>Figura V.56.</b> Difractogramas de RX correspondentes às fases A e B, assinaladas na amostra de mão, (EMa do Fulão). ....	373
<b>Figura V.57.</b> Galeria de base da área de concessão de Cova do Mouro. ....	373
<b>Figura V.58.</b> Espaleotemas Ocre em galeria sobre um depósito filoniano de quartzo com sulfuretos.....	374
<b>Figura V.59.</b> Difractogramas de RX correspondentes a eflorescências salinas com variação cromática ( <b>Figura V.57C</b> ).....	375
<b>Figura V.60.</b> Difractogramas de RX correspondentes a neoformações sob a forma de espeleotemas, em galeria ( <b>Figura V.57B</b> ), (EMa do Fulão).....	376
<b>Figura V.61.</b> Mapa de enquadramento geológico do EMa de Penedono, Carta Geológica - Folha 1, escala 1/200 000 ( <b>Pereira, 1989</b> ). ....	380
<b>Figura V.62.</b> Imagens do EMa de Penedono (41°00'43"N, 7°24'29"W).....	381
<b>Figura V.63.</b> Acumulações e tipos de resíduos de desmonte e de pré-tratamento no EMa de Penedono.....	382
<b>Figura V.64.</b> Difractogramas de RX correspondentes à associação de minerais de cavidades distintas, com revestimento scorodítico ilustrados na <b>Figura V.45 C e D</b> (EMa de Castelhão).....	383
<b>Figura V.65.</b> Mapa de enquadramento do EMa de Adoria, segundo a Carta Geológica - Folha 1, escala 1/200 000 ( <b>Pereira, 1989</b> ). ....	387
<b>Figura V.66.</b> Imagens do EMa de Adoria (41°26'07"N, 7°51'04"W). ....	388
<b>Figura V.67.</b> Amostras de mão e pormenores de microcavidades. ....	389
<b>Figura V.68.</b> Mapa de enquadramento do EMa de Tibães, segundo a Carta Geológica - Folha 1, escala 1/200 000, ( <b>Pereira, 1989</b> ). ....	392
<b>Figura V.69.</b> Imagens do EMa de Tibães (41°31'33"N, 8°25'34"W). ....	393
<b>Figura V.70.</b> Diversidade paragenética reconhecível nas escombreiras do EMa de Tibães. ....	394
<b>Figura V.71.</b> Cristais automórficos neoformados. ....	395
<b>Figura V.72.</b> Difractograma de RX correspondente a uma crustificação cristalina de scorodite + farmacosiderite + goethite.....	395
<b>Figura V.73.</b> Termos da crustificação scorodítica de menor cristalinidade do EMa de Tibães. ....	396
<b>Figura V.74.</b> Interpretação morfológica e cromática de uma crustificação scorodítica complexa do EMa de Tibães, fotografia da amostra de mão e redução geométrica. ....	396
<b>Figura V. 75</b> Imagens MEV – ER de scorodites seleccionadas dos EMa de Fulão: crusta scorodítica de afloramento gossanizado ( <b>A</b> ); scorodite em agregado cristalino poliminerálico ( <b>B</b> ); cristal isolado de scorodite de Castelhão ( <b>C</b> ). ....	401
<b>Figura V.76.</b> Ocorrências scorodíticas de Penedono. <b>A</b> - Cimento scorodítico (Imagem MEV-ER); <b>B</b> - cavidade crustificada (Imagem de MEV –EDS).....	401
<b>Figura V.77.</b> Imagens MEV-ER de scorodites seleccionadas do EMa de Adoria: secções do agregado scorodítico em roseta, com pontuações correspondentes à amostra A1 da <b>Tabela V. 38 (a,c)</b> e à amostra A2 da <b>Tabela V. 38</b> . ....	402
<b>Figura V.78.</b> Imagens MEV-ER de scorodites do EMa de Tibães.....	403
<b>Figura V.79.</b> Selecção de crustificações scorodíticas de Castelhão .....	404

Figura V.80. Imagens MEV – ER de crustificações scorodíticas seleccionadas dos EMA de Castelhão .....	405
Figura V.81. Imagens MEV – ER de crustificações cristalinas scorodíticas seleccionadas do EMA de Tibães .....	406
Figura V.82. Selecção de cristais e agregados cristalinos de scorodite de Castelhão .....	409
Figura V.83. Provette com os cristais seleccionados do Fulão ( $\varnothing=2,2\text{cm}$ ). Imagens em Lupa binocular das secções polidas (Ampliação $\approx 10\times$ ): <b>Fcar</b> – intercrescimento scorodite - carminite; <b>Fq</b> – quartzo-scorodite-goethite; <b>Fzon</b> – scorodite zonada intercrescida com arsenatos indiferenciados. ....	409
Figura V.84. Crustificações cristalinas de arsenatos seleccionadas do EMA do Fulão .....	410
Figura V.85. Imagem em Lupa Binocular da superfície polida da arsenopirite analisada do EMA de Penedono ( $\varnothing=1\text{cm}$ ), sulfureto parcialmente recoberto com scorodite pulverulenta de tons claros e tons azuis, típicos deste EMA. ....	410
Figura V.86. Provetes com cristais de scorodite de Tibães ( $\varnothing=2,2\text{cm}$ ), imagens em Lupa Binocular: <b>T1</b> – 4 cristais grandes de scorodite euédrica azul com leve zonamento; <b>T2</b> – 2 cristais compósitos, alaranjados zonados e 3 cristais com inclusões variadas. ....	411
Figura V.87. Cristais grandes de scorodite de Tibães.....	411
Figura V.88. Cristal de scorodite com inclusões de sulfuretos, amostra de Tibães (Provette T2). Imagens em Lupa Binocular e MEV-ER, marcação dos pontos de análise (T2inc na Tabela V. 41).....	412
Figura V.89. Cristal compósito de scorodite - yanomamite de Tibães (Provette T2).....	412
Figura V.90. Cristal compósito de scorodite - yanomamite de Tibães (Provette T2). Imagem em Lupa Binocular e MEV-ER, com marcação dos pontos de análise (Tabela V. 41 T2f6 a T2k11, equivalentes aos pontos 6 a 11 na imagem MEV-ER). Espectro semi-quantitativo MEV-DE, para discriminação das fases presentes no núcleo do cristal.....	413
Figura V.91. Mapas de difracção de Rx obtidos em MSE, representativos da zonalidade composicional concêntrica em que intervêm In, Fe, P e Al, reconhecida na associação scorodite- yanomamite no cristal T2fk de Tibães. ....	413
Figura V.92. Matriz de correlação do conjunto dos conteúdos composicionais {As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; Au <sub>2</sub> O; ZnO, SO <sub>3</sub> ; K <sub>2</sub> O} obtidos em MSE em cristais compósitos scorodite – yanomamite de Tibães. ....	414
Figura V.93. Fragmento de quartzo com pirite e crustificação de scorodite (provette $\varnothing=3,4\text{cm}$ ). Fotografias da superfície polida em Lupa Binocular, na zona de interface sulfureto – arsenato. Imagem MEV-ER da pirite cataclada (fase clara) preenchida por scorodite (fase escura).....	416
Figura V.94. Aspectos texturais e inclusões na associação pirite - scorodite - goethite. Imagens de contraste de fases (MEV-ER) obtidas na amostra TG (EMA de Tibães). ....	417
Figura V.95. Zonalidade composicional na interface scorodite – pirite. Mapas de difracção de Rx obtidos em MSE, variação dos conteúdos de In, Pb, As, P, Sn, Fe, Al e Bi, amostra TG do EMA de Tibães. ....	418
Figura V.96. Aspecto morfológico superficial de uma crustificação scorodítica com Ba-farmacosiderite, hidróxidos de Fe (amostra TF do EMA de Tibães). Imagens de MEV (electrões secundários e electrões retrodifundidos).....	419
Figura V.97. Inclusões de agregados cristalinos em roseta da associação scorodite – yanomamite (SCO - YNM) em matriz scorodítica, intercrescida com farmacosiderite (FAR); secções muito alteradas de blenda com <i>chalcopyrite disease</i> (BLEc) e orlas de covelite (COV), as áreas mais escuras representam vazios, imagens de contraste de número atómico em MEV-ER.....	419
Figura V.98. Mapas de difracção de Rx obtidos em MSE, representativos da zonalidade composicional de uma roseta de scorodite - yanomamite, variação dos elementos In, As, Fe, P e Al, amostra TG do EMA de Tibães. ....	420
Figura V.99. Mapas de difracção de Rx obtidos em MSE, representativos da zonalidade composicional de um agregado cristalino de scorodite - yanomamite, variação dos elementos In, As, Fe, P e Al, amostra TG do EMA de Tibães.....	421
Figura V.100. Diagramas de dispersão (amplitude e distancia <i>inter-quartil</i> , mínimo, máximo e <i>outliers</i> ) dos principais conteúdos (em wt%) obtidos em análises pontuais (MSE) de scorodites sob a forma de crustas e agregados cristalinos provenientes dos vários EMA em estudo. ....	422
Figura V.101. Variação correlacionada de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> com As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> em scorodites.....	423
Figura V.102. Diagramas de variação correlacionada de Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> para o conjunto de scorodites analisadas – ilustração do domínio de convergência fora do qual há uma forte influência da paragéneses secundárias. ....	424
Figura V.103. Projecção das relações entre conteúdos Fe-In-P (influência fosfática) e Fe-In-As (influência do arsenato) nos diagrama ternários. ....	425
Figura V.104. Matriz dos coeficientes de correlação, obtida para a composição das amostras de scorodite de Tibães, que apresentam valores de In, considerando o conjunto de conteúdos maiores e vestigiais {In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , Au <sub>2</sub> O, ZnO}. ....	426
Figura V.105. Variação correlacionada de As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ZnO, Au <sub>2</sub> O com In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , em scorodites. ....	426

<b>Figura V.106.</b> Projecção de composições normalizadas a 2 átomos de (As+In+Fe) para a série yanomamite-scorodite. Análises pontuais em MSE do presente estudo e para comparação com as de <b>Botelho <i>et al.</i>, (1994)</b> .	428
<b>Figura V.107.</b> Diagrama Cu – Fe+Zn(+Cd) – In+Sn para sulfuretos com conteúdos de In, amostras do EMA do Fulão e de Penedono (arsenopirites) e de Tibães (calcopirite e blendas – círculos pretos não discriminados). Diagrama de projecções apresentadas em <b>Sinclair (2006)</b> .	429
<b>Figura V.108.</b> Aspectos morfológicos e texturais de fases com Pb, Ag, Bi no contacto com leitos de scorodite e bandas de sulfuretos em geometrias <i>crack-seal</i> do Fulão.	431
<b>Figura V.109.</b> Núcleo de sulfureto de Cu – zonado e fracturada) de agregados colofórmicos inclusos em matriz scorodítica (penetrativa). Mapas de difracção de Rx obtidos em MSE, variação dos conteúdos de O, Ag, Cu, As, Fe, Ba, Se e S. Amostra <b>Fcs</b> do EMA do <b>Fulão</b> .	431
<b>Figura V.110.</b> Ourayite ( <b>OUR</b> ) em matriz de sulfuretos (arsenopirite, <b>ARS</b> ) e arsenatos ( <b>ARS<sup>+</sup></b> ). Amostra FCS do EMA do Fulão. Imagens MEV-ER.	432
<b>Figura V.111.</b> Variação correlacionada de In (% em peso) com os conteúdos maiores (Fe, S e Zn) e os conteúdos vestigiais (Pb, Cu e Mn) em <b>blendas</b> de Tibães. As linhas grossas sobre as projecções dos conteúdos da blenda sugerem hipóteses de tendências que à luz dos destes dados são inconclusivas.	433
<b>Figura V.112.</b> Diagrama de variação In / (Zn/Cd) para discriminação de blendas.	433
<b>Figura V.113.</b> Distribuição dos valores da componente aniónica analisada (expressos em mg/L) em escorrências superficiais nos EMA de Castelhão, Fulão, Penedono, Adoria e Tibães. Área sombreada corresponde à amplitude total dos dados para cada catião. (LDet – limite de detecção 0,01 e 0,03mg/L) Os valores projectados abaixo do limite de detecção correspondem a metade daquele valor.	437
<b>Figura V.114.</b> Diagrama ternário Cl – NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> – SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> para o conjunto das amostras de água de escorrência superficial nos vários EMA (Abreviaturas esclarecidas na <b>Tabela V. 47</b> )	438
<b>Figura V.115.</b> Distribuição dos valores dos elementos presentes em maior ordem de grandeza (expressos em ppb) em escorrências superficiais nos EMA de Castelhão, Fulão, Penedono, Adoria e Tibães. Área sombreada corresponde à amplitude total dos dados para cada elemento.	439
<b>Figura V.116.</b> Distribuição dos valores dos elementos menores (ordem de grandeza <1ppm), em escorrências superficiais nos EMA de Castelhão, Fulão, Penedono, Adoria e Tibães. Área sombreada corresponde à amplitude total dos dados para cada elemento.	441
<b>Figura V.117.</b> Diagramas ternários Mn–(As+Cu+Zn)–Fe e As – Zn – Cu para o conjunto das amostras de água de escorrência superficial.	443
<b>Figura V.118.</b> Relação dos conteúdos de As, Fe e anião sulfato (em escala logarítmica), com os respectivos valores de pH da águas de escorrência dos EMA em estudo. Os valores de pH são apresentados no gráfico por ordem crescente, a zona sombreada corresponde às escorrências da RMArça: Castelhão e Fulão.	444
<b>Figura V.119.</b> Diagramas comparativos dos domínios de estabilidade da scorodite, atendendo aos mecanismos de dissolução congruente e incongruente, e a presença de diferentes oxi-hidróxidos de Fe (adaptado de <b>Harvay et al., 2006</b> ).	445
<b>Figura V.120.</b> Diagrama Eh-pH para o sistema As- Fe - S - H <sub>2</sub> O ( <b>Zhu e Merkel, 2001</b> )	446
<b>Figura V.121.</b> Variação das concentrações de constituintes móveis perante a variação do descritor Eh/pH das águas de escorrência EMA.	447
<b>Figura V.122.</b> Distribuição dos valores dos elementos menores (ordem de grandeza <10ppb), em escorrências superficiais nos EMA de Castelhão, Fulão, Penedono, Adoria e Tibães. Área sombreada corresponde à amplitude total dos dados para cada elemento.	448
<b>Figura V.123.</b> Distribuição dos valores dos elementos menores (ordem de grandeza <1ppb), em escorrências superficiais nos EMA de Castelhão, Fulão, Penedono, Adoria e Tibães. Área sombreada corresponde à amplitude total dos dados para cada elemento.	449
<b>Figura V.124.</b> Matriz dos coeficientes de correlação, obtida para o total das amostras de escorrência, considerando o conjunto de parâmetros {pH, SO <sub>4</sub> , Fe, Zn, As, In, ∑TRL, ∑TRM, ∑TRP}. <b>TRL:</b> La, Ce, Pr; <b>TRM:</b> Nd, Pm, Sm, Eu, Gd; <b>TRP:</b> Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yd, Lu.	450
<b>Figura V.125.</b> Distribuição dos valores de elementos Terras Raras, (em ppb), águas de escorrências superficiais nos EMA de Castelhão, Fulão, Penedono, Adoria e Tibães. Área sombreada corresponde à amplitude total dos dados para cada elemento. Valores normalizados ao NASC ( <b>Gromet <i>et al.</i>, 1984</b> ).	453
<b>Figura V.126.</b> Localização das áreas de estudo dedicadas a sistemas de elevada reactividade paragenética na interacção mineral	455
<b>Figura V. 127.</b> Localização das estações de amostragem C1, C4, C4I, C6, C11, C12 no Rio Coura (troço Romarigães – Foz no Rio Minho) e V3, 05A, V4, V5, V9, V7, no Ribeiro do Poço Negro (figura de pormenor). Modelo digital de	

terreno com base altimétrica (escala 1:25000). Coordenadas cartográficas EPSG: 20790 (Lisbon, Portuguese National Grid).....	457
<b>Figura V. 128.</b> Localização das estações de amostragem no EMA de Santa Justa: <b>SSJ</b> na Ribeira de Santa Justa (área de concessão de Serra de Santa Justa) e <b>EST</b> no Regato de Água Levada (área de concessão de Estorãos). Modelo digital de terreno com base altimétrica (escala 1:25000). Coordenadas cartográficas EPSG: 20790 ( <i>Lisbon, Portuguese National Grid</i> ).....	462
<b>Figura V. 129.</b> Principais áreas de exploração no EMA de Santa Justa.....	463
<b>Figura V. 130.</b> Vestígios mineiros no EMA de Santa Justa.....	463
<b>Figura V. 131.</b> Distribuição de estruturas de desligamento tardi-D3, veiculadoras de mineralizações hidrotermais e respectivos índices metalogenéticos. Modificado de <b>Leal Gomes (1994)</b> , sobreposição das áreas de concessão mineira por substância-alvo .....	464
<b>Figura V. 132.</b> Diagramas de extremos e quartis para valores de precipitação mensal (mm) no período de Janeiro de 2007 e Março de 2011, recolhidos pelas estações de monitorização do SNIRH que abrangem a RMArga ( <b>INAG, 2000</b> ) (localização na Figura III.7, Capítulo III.2).....	466
<b>Figura V.133.</b> Series da precipitação diária (mm) registadas pelas estações de Ponte de Lima (03F/01G) e Vila Nova de Cerveira no período de Janeiro de 2007 a Maio de 2011 ( <b>INAG, 2012</b> ).....	467
<b>Figura V. 134.</b> Hipsometria da área correspondente ao Campo Mineiro de Santa Justa, na encosta SW do maciço d'Arga.....	469
<b>Figura V. 135.</b> Hipsometria da área de influência do Rio Coura entre os campos mineiros de Lousado e Serra de Covas e a Estação de amostragem C11 (encosta N da Serra d'Arga).....	470
<b>Figura V. 136.</b> Perfil do Rio Coura entre Vilar de Mouros e os campos mineiros de Serra de Covas (mina de Penedo Antão) e Lousado (mina de Serra do Lousado n.º3 - área não abrangida no curso do rio). Cota e Distancia em metros. ....	471
<b>Figura V. 137.</b> Caudais médios diários (afluente e lançado pela barragem) e cota que atinge a água na Albufeira de Cobas (Dados da EDP da Mini-hídrica - Central de France, EDP, 2011).....	472
<b>Figura V. 138.</b> Compilação gráfica de dados de precipitação diária relativos à Estação de Ponte de Lima ( <b>SNIRH, INAG, 2012</b> ), caudal total diário descarregado ( <b>EDP, 2011</b> ) e respectivas linhas de tendência " <i>media móvel per 30 dias</i> ".....	473
<b>Figura V. 139.</b> Diagrama do " <i>Projecto de Recuperação Ambiental da Área Mineira de Covas e respectivo EIA</i> ".....	474
<b>Figura V. 140.</b> Perspectiva de um dos principais ravinamentos da escombreira de Valdarcais alvo de reabilitação ambiental (2007).....	475
<b>Figura V. 141.</b> Área da escombreira principal do Couto Mineiro de Valdarcais (e pormenor do EMA de Valdarcais).....	476
<b>Figura V. 142.</b> Evidências de fenómenos de neoformação e supergênese, indícios de remobilização e concentração metálica em trincheira aberta recentemente na escombreira de Valdarcais (Jun. de 2013) – análise expedita de amostras em canal vertical.....	478
<b>Figura V. 143.</b> EMA de Valdarcais, vestígios e infra-estruturas mineiras - imagens satélite captadas em 2003, 2005, 2009, 2012 (41°52'19,66"N; 8°42'27,07"W, Goolge Earth™ 7.0.3.8542).....	479
<b>Figura V. 144.</b> Croqui das principais infra-estruturas mineiras do EMA de Valdarcais, localização dos pontos amostrados na escombreira principal (1-10) pela <b>Rio Narcea Golden Mines (2002)</b> – colheita em roço e respectivos teores de ouro. Locais seleccionados onde se levantaram os perfis A, B e C para colheita de material por níveis de crustificação.....	480
<b>Figura V. 145</b> Dendogramas com base nos parâmetros físico-químicos e hidroquímicos analisados nas estações do sistema Poço Negro – Coura – <i>90 amostras (Dendograma A)</i> e nas estações do ribeiro do Poço Negro – <i>45 amostras (Dendograma B)</i> , obtidas nas campanhas de Fevereiro-Março, Maio-Junho e Setembro-Outubro de 2007 a 2011 .....	482
<b>Figura V. 146.</b> Aspectos ilustrativos de campanhas distintas, em cada uma das estações de amostragem no Ribeiro do Poço Negro. Indicação no perfil das estações, os caminhos para serventia agrícola, estrada municipal (EM), e na cota mais alta, parte da extensão ocupada pela escombreira de Valdarcais.....	487
<b>Figura V. 147.</b> Aspectos ilustrativos em campanhas distintas, de cada uma das estações de amostragem no Rio Coura.....	490
<b>Figura V. 148.</b> Aspectos ilustrativos em campanhas distintas, de cada uma das estações de amostragem no Rio Coura.....	493
<b>Figura V. 149</b> Estatística descritiva dos parâmetros físico-químicos de medição <i>in situ</i> . pH, temperatura da água (T em °C), oxigénio dissolvido (mg/L), condutividade eléctrica (µS/cm), potencial redox (Eh em RmV), Sólidos suspensos totais (mg/L), alcalinidade total e acidez (mg/L CaCO <sub>3</sub> ).....	494
<b>Figura V.150.</b> Distribuição dos valores de concentração química de elementos maiores (ppb) nas estações de amostragem ao longo do Ribeiro do Poço Negro e do Rio Coura e no EMA de Santa Justa.....	495

<b>Figura V. 151</b> Diagrama ternário da distribuição das concentrações relativas dos elementos maiores (K, Mg, Na, Si), Al e Fe para o conjunto das amostras de água das estações do Ribeiro do Poço Negro, Rio Coura e Santa Justa (SSJ e EST).....	495
<b>Figura V. 152-</b> Matrizes de correlação: <b>A</b> - entre elementos maiores (Al, Mn, Ca, Fe, Na, Mg, Si, K); <b>B</b> - conteúdo metálico (Cd, Co, Cu, Fe, Ni, Pb e Zn) e As. (Simbologia descodificada na <b>Figura V. 151</b> ).....	496
<b>Figura V. 153.</b> Diagrama ternário da concentração relativa metálica de Mn, (As+Cu+Zn) e Fe para o conjunto das amostras de água das estações do Ribeiro do Poço Negro, Rio Coura e Santa Justa. Discriminação da abundância relativa para As, Cu e Fe.....	497
<b>Figura V. 154.</b> Variação espacial dos parâmetros físico-químicos: potencial redox (Eh, em RmV), [Fe] (ppb), [SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ] (mg/L), pH, acidez (mg/L CaCO <sub>3</sub> ), condutividade eléctrica (CE, em µS/cm).....	497
<b>Figura V. 155.</b> Estatística descritiva da concentração da componente aniónica (mg/L): fluoreto, cloreto, nitrito, brometo, nitrato e sulfato.....	498
<b>Figura V. 156.</b> Diagrama dos componentes catiónicos Cl, F, SO <sub>4</sub> . (Simbologia descodificada na <b>Figura V. 151</b> ).....	499
<b>Figura V. 157.</b> Correlação dos descritores hidrogeoquímicos do sistema fluvial do Rio Coura (Azul) e do Ribeiro do Poço Negro (Vermelho).....	500
<b>Figura V. 158.</b> Dispersão espacial dos conteúdos totais de elementos TR (sumTR, em ppb) em amostras de água ao longo do Ribeiro do Poço Negro (V3-V7), Rio Coura (C1-C12) no período entre 2008-2011. Projecção do conteúdo relativo a Santa Justa (amostras SSJ e EST).....	502
<b>Figura V. 159.</b> Co-variação do somatório de elementos de TR (sumTR, em ppb) e dos parâmetros físico-químicos: pH; oxigénio dissolvido (OD, em mg/L); condutividade eléctrica (CE, em µS/cm); concentração em anião sulfato (mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ); em metais pesados (somatório de Zn, Cu, Cd, Ni, Co, Pb); Al, Ca e Fe (ppb). (Simbologia descodificada na <b>Figura V. 158</b> ).....	503
<b>Figura V. 160.</b> Espectro de variação dos elementos TR das amostras de água das estações do Ribeiro do Poço Negro, Rio Coura e Ribeiro de Santa Justa (SSJ) e Regato de Água Levada (EST) normalizados à composição do NASC (North American Shale Composite) de <b>Gromet et al. (1984)</b> . (Simbologia descodificada na <b>Figura V. 151</b> ).....	506
<b>Figura V. 161.</b> Co-variação dos quocientes La/Gd e La/Yb e pH, para as amostras de água do Ribeiro do Poço Negro, Rio Coura e Santa Justa (SSJ e EST). (Simbologia descodificada na <b>Figura V. 151</b> ).....	507
<b>Figura V. 162</b> Matriz de correlação dos principais descritores de apreciação ambiental no sistema fluvial Ribeiro do Poço Negro - Coura e Santa Justa. Inclusão dos conteúdos totais de elementos TR (SumTR) e dos somatórios de TR leves (TRL), médias (TRM) e pesadas (TRP) (Simbologia descodificada na <b>Figura V. 151</b> ).....	509
<b>Figura V. 163</b> - Aspectos de adaptação do ecossistema aquático à drenagem ácida (Ribeiro do Poço Negro).....	511
<b>Figura V.164.</b> Diferentes estágios de maturação de algas acidófilas.....	512
<b>Figura V.165.</b> Características morfológicas típicas da <i>Euglena mutabilis</i> (alga unicelular sem parede rígida) e de <i>Klebsormidium sp.</i> (alga filamentosa).....	513
<b>Figura V. 166.</b> Ocorrências de algas nos estratos bênticos e em suspensão.....	514
<b>Figura V. 167.</b> Zona de exsurgência natural no Ribeiro do Poço Negro (05A02/09), relação <i>Euglena</i> - biofilmes de schwartmannite, precipitados sob e em torno de zonas de libertação gasosa (via fotossintética).....	515
<b>Figura V. 168.</b> Armadilhas de retenção de particulado denso, fino a ultrafino.....	515
<b>Figura V. 169.</b> Difractograma de RX de uma película de material sobrenadante (Estação 05A - V4) de baixa cristalinidade, correspondente a schwertmannite.....	516
<b>Figura V. 170.</b> Aspectos de neoformação mineralógica supergénica na dependência do Ribeiro do Poço Negro com maior ou menor persistência sazonal:.....	517
<b>Figura V. 171.</b> Eflorescência de melanterite (SO <sub>4</sub> Fe • 7H <sub>2</sub> O) + alunogénio [Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> • 18H <sub>2</sub> O] + schwertmannite [Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> )] sobre material vegetal (Imagens de MEV-ES).....	518
<b>Figura V. 172.</b> Espumas sobre restos lenhosos, compostas essencialmente por hidroxí-sulfatos de Fe - schwertmannite [Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> )] (Imagens de MEV-ES e espectro DE correspondente ao material poroso).....	519
<b>Figura V. 173.</b> Pátina sobre folha, cristaltos aciculares correspondentes sulfatos hidratados de Fe e Na - ferrinatríte [Na <sub>3</sub> Fe(SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub> • 3(H <sub>2</sub> O)]......	519
<b>Figura V. 174.</b> Eflorescência pátina iridescente sobre folha, agregado cristalino de gesso (CaSO <sub>4</sub> • 2H <sub>2</sub> O), com pontuações de hidroxí-sulfatos de Fe - schwertmannite [Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> )] (Imagem de MEV-ES e espectro DE correspondente ao agregado acicular).....	519
<b>Figura V. 175.</b> Neoformações mineralógicas associadas a organismos acidófilos ou extractos vegetais acumulados.....	520
<b>Figura V. 176.</b> Variação de oxigénio dissolvido (OD, em mg/L).....	521

<b>Figura V. 177.</b> Material vegetal mineralizado: <b>A</b> – goethitização (GOE) de tecido parenquimatoso em paliçada (Ampliação 20x); <b>B</b> – pirite neoformada (PIR) em microambiente redutor em feixe condutor, circunscrito à matriz de goethite (Ampliação 50x) ( <b>Rodrigues, 2011</b> ).....	524
<b>Figura V. 178.</b> Espeleotemas em zona de acumulação de materiais vegetais próximos das margens do Ribeiro do Poço Negro (Estação V5).....	524
<b>Figura V. 179.</b> Espeleotemas jarosíiticos, em edifícios (azenhas) implantados no curso de água receptor da escombreira de cinzas (anexa à oficina de beneficiação e ustulação).....	525
<b>Figura V. 180.</b> Difractograma de RX sobre pós da camada exterior da estalactite ( <b>Figura V. 178</b> ).....	525
<b>Figura V. 181.</b> Secções em corte de estalactites e estalagmites ocre do EMA de Valdarcas.....	526
<b>Figura V. 182.</b> Imagens MEV-ER de secções transversais de estalactites.....	526
<b>Figura V. 183.</b> Mapas de difracção de RX obtidos em MSE, representativos na zonalidade composicional concêntrica de uma estalactite ocre (secção transversal), contraste de S, Fe, O e P, dispersão de pontuações com baixo conteúdo <1% de W.....	527
<b>Figura V. 184.</b> Mapas de difracção de RX obtidos em MSE, representativos na zonalidade composicional concêntrica de uma estalactite ocre (secção transversal), contraste de Fe, O, P e S, particulado ultra-fino de Au.....	528
<b>Figura V. 185.</b> Sobreposição dos mapas de RX relativos à distribuição de Fe, S e P sobre cortes transversais de estalactites e corte longitudinal de uma estalagmite.....	528
<b>Figura V. 186.</b> Corte transversal de um ramo de Tojo com micro-secções mineralizadas: <b>A</b> – imagem em LB (ampliação 4x); <b>B</b> – imagem MOLR (ampliação 5x); <b>C</b> – imagem MOLR (ampliação 20x).....	529
<b>Figura V. 187.</b> Corte transversal de um ramo de Carvalho com micro-secções mineralizadas: <b>A</b> – imagem em LB (ampliação 5x); <b>B</b> – imagem MOLR (ampliação 5x); <b>C</b> – imagem MOLR (ampliação 20x).....	529
<b>Figura V. 188.</b> Corte longitudinal de uma folha de eucalipto com precipitados de óxidos de Fe e material detrítico aprisionado (microcrustificação).....	530
<b>Figura V. 189.</b> Ouro compósito, com morfologia framboidal (B e C) e colóformica (D, E, F) sobre extracto vegetal parcialmente mineralizado (Imagens MEV) Espectro semi-quantitativo do ouro compósito (Imagens de MEV-ES e espectros DE correspondentes à base ou substrato vegetal do ouro e ao compósito de ouro).....	530
<b>Figura V. 190.</b> Comparação dos conteúdos químicos nos sedimentos de leito, no Rio Coura (fracção <20µm) e na água – Estações C1, C11 e C12, Campanhas de Setembro de 2008 (09/08) e Setembro de 2009 (09/09).....	534
<b>Figura V. 191.</b> Comparação dos conteúdos químicos nos sedimentos de leito no Coura - zona de confluência do Ribeiro do Poço Negro (fracção <20µm) e na água – Estações C4, C4' e C6, campanhas de Setembro de 2008 (09/08) e Setembro de 2009 (09/09).....	535
<b>Figura V. 192.</b> Comparação dos conteúdos químicos nos sedimentos de leito, no curso superior do Ribeiro do Poço Negro (fracção <20µm) e na água - Estações V3, 05A e V4, Campanhas de Setembro de 2008 (09/08) e Setembro de 2009 (09/09).....	536
<b>Figura V. 193.</b> Comparação dos conteúdos químicos nos sedimentos de leito, no curso médio e inferior do Ribeiro do Poço Negro (fracção < 20µm) e na água – Estações V5, V9 e V7. Campanhas de Setembro de 2008 (09/08) e Setembro de 2009 (09/09).....	536
<b>Figura V. 194.</b> Comparação dos conteúdos químicos nos sedimentos de leito e água, na Ribeira de Santa Justa (SSJs) e no Regato de Água Levada (ESTs) (fracção < 20µm). Colheita pontual em Março de 2011.....	537
<b>Figura V. 195.</b> Casos ilustrativos do comportamento químico ao longo do Rib. Poço Negro e Rio Coura quanto aos conteúdos químicos (As, Fe, W, Ni) no sedimento, na água e respectivo factor de enriquecimento (logCR).....	538
<b>Figura V. 196.</b> Matriz de correlação para o pH e razões de concentração (logCR) de espécies químicas com distintas afinidades litológicas, paragenéticas e mineroquímicas.....	540
<b>Figura V. 197.</b> Membranas <i>Millipore</i> com malha 0,05 µm, após filtração com pressão reduzida – Campanhas de Setembro de 2009 e Março de 2011 (estações do Rio Coura e Ribeiro do Poço Negro).....	543
<b>Figura V. 198.</b> Padrões de cor para óxidos de Fe – adaptado de <b>Schwertmann e Cornell (2000)</b> .....	544
<b>Figura V. 199.</b> Distribuição granulométrica dos sedimentos de leito de corrente no Ribeiro do Poço Negro (estações 05A, V4, V5, V9, V7); e do Rio Coura (estações C1, C4, C4', C6, C11, C12), nas campanhas de Setembro de 2008, Fevereiro de 2009 e Setembro de 2009. Valores do peso normalizados a 100, para cada estação.....	546
<b>Figura V. 200.</b> Projecção nos diagramas ternários de Folk para sedimentos grosseiros e sedimentos finos dos dados de granulometria dos sedimentos de leito do Ribeiro do Poço Negro (Estações V3 – V7), do Rio Coura (Estações C4 a C1), da Ribeira de Santa Justa (SSJ) e do Regato de Água Levada (EST).....	547

<b>Figura V. 201.</b> Composição mineralógica (em %), estimativa quantitativa por DRX de pós da fracção < 20 µm dos sedimentos de corrente, no ribeiro do Poço Negro (estações V3; 05A, V4, V5, V9, V7); e do Rio Coura (estações C4, C4', C6, C11, C12 e C1), nas campanhas de Setembro de 2008 e Fevereiro de 2009. ....	549
<b>Figura V. 202.</b> Padrões de DRX das amostras de sedimentos (fracção < 20 µm) colhidas no Ribeiro do Roço Negro: <b>a)</b> V3 09/09; <b>b)</b> V5 09/09. (d values em Å), .....	551
<b>Figura V. 203.</b> Padrão de DRX para amostra de sedimentos (fracção < 20 µm) colhida no Rio Coura - C12 09/09 (d values em Å),.....	551
<b>Figura V.204.</b> Sedimentos de fundo de leito da Estação 05A (fracção < 2 mm): <b>Amostra tal-qual</b> (1as observações); <b>Amostra após concentração à bateia</b> (reduzido apuramento); <b>Grãos separados manualmente</b> em LB, após concentração, organização segundo uma primeira identificação expedita; <b>Amostra após pré-tratamento</b> para separação ao bromofórmio (ataque com ácido); Amostra do concentrado densos (fracção < 63 µm) separados com líquido denso, bromofórmio, a 25°C (densidade máxima do líquido 2,89 kg/L); <b>Grupos principais de grãos</b> , com características similares, separados manualmente em LB e sob luz UV (discriminação de A a G no texto).....	553
<b>Figura V.205.</b> Difractograma de RX correspondente a um agregado com minerais calcossilicatados: albite e diópsido (Estação 05A). Fichas JCPDS: 19-1184 (albite), 6-41-1370 (diópsido); picos dos minerais da base de dados ICDD.....	553
<b>Figura V.206.</b> Difractograma de RX sobre grão composto, com scheelite - ferberite, e ainda, um produto de reacção do ataque com HNO <sub>3</sub> (de cor amarela), discriminado como tungstite. Fichas JCPDS: 27-0256 (ferberite), 41-1431 (scheelite) e 43-0679 (tungstite); picos dos minerais da base de dados ICDD.....	554
<b>Figura V.207.</b> Sedimentos de fundo de leito da Estação C4' (fracção < 2 mm): <b>Amostra tal-qual</b> (1as observações); <b>Amostra após concentração à bateia</b> (reduzido apuramento); <b>Grãos separados manualmente</b> em LB, após concentração; <b>Amostra após pré-tratamento</b> para separação ao bromofórmio (ataque com ácido nítrico); <b>Concentrado de densos</b> (fracção < 63 µm) separados com líquido denso, bromofórmio, a 25°C (densidade máxima do líquido 2,89 kg/L); <b>Grupos de grãos</b> , com características similares, separados manualmente em LB e sob luz UV (excluindo minerais calcossilicatados e de fundo regional).....	555
<b>Figura V.208.</b> Difractograma de RX correspondente a grãos de scheelite recobertos por tungstite (Estação C4'). Fichas JCPDS: 41-1431 (scheelite) e 43-0679 (tungstite); picos dos minerais da base de dados ICDD.....	555
<b>Figura V.209.</b> Difractograma de RX correspondente a um grão composto, com núcleo de goethite, e revestimentos concrecionais policromáticos (Estação C4') Destacam-se os picos [d (Å)], usados na interpretação. Fichas JCPDS: 29-0713 (goethite); picos dos minerais da base de dados ICDD.....	556
<b>Figura V. 210.</b> Concentrados de grãos densos das estações 05A e C4' (fracção <63µm), separados em bromofórmio após pré-tratamento com ácido. ....	556
<b>Figura V. 211.</b> Difractograma de RX correspondente a grãos de ferberite e ilmenite (Estação C4'). Fichas JCPDS: 46-1446 (ferberite), 29-0733 (ilmenite); picos dos minerais da base de dados ICDD. Fotografia de grãos seleccionados equivalentes aos analisados por DRX.....	557
<b>Figura V. 212.</b> Amostra de uma crusta de tipo ferralítico, de Valdearcas, cuja matriz corresponde a um plasma óxido agregador. Destaca-se o elevado conteúdo da fracção detrítica, nomeadamente um cristal de ferberite retido pela matriz. ....	558
<b>Figura V. 213.</b> Localização dos pontos de amostragem em cursos de água - " <i>selected spot</i> " - para o estudo mineralométrico de densos com proveniência mineira.....	560
<b>Figura V. 214.</b> Composições mineralógicas representativas dos sedimentos densos amostrados no Rio Coura (Estações M1, C6, CJ, CV; C11, VM, C12), num local seleccionado do Rio Ancora, do Ribeiro dos Campos e do Rio Estorãos. ....	561
<b>Figura V. 215.</b> Estruturas fibrosas radiadas de limonites evoluídas a partir de piritite e de pirrotite, com uma sucessão de camadas sobrepostas. ....	563

## VI. CAPÍTULO

<b>Figura VI. 1.</b> Esquema de organização das conclusões. Relações desenvolvidas neste estudo (—); relações propostas neste estudo (—).....	569
<b>Figura VI. 2.</b> Níveis de organização dos descritores aplicados na geração de modelos conceptuais para o EMA – padrão de descrição. ....	570
<b>Figura VI. 3.</b> Localização dos depósitos-tipo paradigmáticos ilustrados em blocos diagrama de cada tipologia: <b>T1</b> - Cerdeirinha (metassomatitos em associações protolíticas vulcanogénicas e sedimentares exalativas); <b>T2</b> - Monteiro, Balouca e Dem (aplitopegmatitos LCT com veios hidrotermais associados); <b>T3</b> - Cavalinho e Castelhão (enxames venulares hidrotermais em zonas de cisalhamento); <b>T4</b> - Senhor do Socorro (gossan em seqüências metavulcanossedimentares); <b>T5</b> - Ribeiro do Salgueiro à Cumieira (depósitos tipo <i>placer</i> - alunionar e eluvionar). Na base está um estrato da carta geológica à escala 1/200000 (legenda no <b>Capítulo 1</b> ). ....	571

<b>Figura VI. 4.</b> Localização e distribuição dos depósitos explorados para depósitos em formações metassomáticas com associações protolíticas vulcanogénicas e sedimentares exalativas, do tipo SEDEX. Extracto da revisão da Carta Geológica - Folha 1C, Escala 1:50 000 (Leal Gomes <i>et al</i> , 2011).	578
<b>Figura VI. 5.</b> Bloco conceptual para o tipo de depósitos metassomáticos em associações protolíticas vulcanogénicas e sedimentares exalativas, ilustração segundo a corta Sul da área de concessão da Cerdeirinha. Descrições segundo Leal Gomes (2010) e Dias (2012).	579
<b>Figura VI. 6.</b> Localização das áreas de concessão dos depósitos explorados em formações metassomáticas com associações protolíticas vulcanogénicas e sedimentares exalativas, sobre a Carta de Ocupação do Solo (2005) escala 1:25 000.	585
<b>Figura VI.7.</b> Compartimentação em sectores de ocorrência, estruturalmente diferenciados, do Campo Aplito-pegmatítico d'Arga. Base cartográfica, adaptada de Leal Gomes (1994), sobre a qual se sobrepueram as áreas de concessão atribuíveis à RMArga.	588
<b>Figura VI.8.</b> Bloco conceptual para o tipo de depósitos aplito-pegmatíticos LCT com veios hidrotermais associados. Ilustração para o sector proximal W – inclui a área de concessão de Lugar de Dem.	589
<b>Figura VI.9.</b> Bloco conceptual para a tipologia dos depósitos aplitopegmatitos de tipo LCT predominante com veios hidrotermais associados, ilustração segundo o sector distal E – área de Cabração- Monteiro.	591
<b>Figura VI.10.</b> Bloco conceptual para a tipologia dos depósitos aplitopegmatitos de tipo LCT predominante com veios hidrotermais associados, ilustração segundo o sector distal E – inclui a área de exploração informal da Balouca-Sul.	591
<b>Figura VI.11.</b> Estruturas mega escalares definidas em regime dúcil-fágil a frágil. <b>A – Cisalhamento precoces</b> (carreamento de Orbacém a W; lineamentos em falhas e zonas de cisalhamentos polifásico, trajectórias de estiramento D3); <b>B – Cisalhamentos tardios</b> (lineamentos de fracturas com veios de quartzo com sulfuretos, lineamentos dilatacionais associados a pegmatitos e veios de quartzo com sulfuretos, bandas <i>kinh</i> ). Modificado de Leal Gomes (1994).	602
<b>Figura VI.12.</b> Distribuição de algumas estruturas de desligamento tardi-D3, veiculadoras de mineralizações pós-pegmatóides e respectivos índices metalogenéticos, área do Cavalinho ou Fulão	603
<b>Figura VI.13.</b> Bloco conceptual para o tipo dos depósitos enxames venulares relacionados com zonas de cisalhamento, ilustração do depósito de Castelhão.	608
<b>Figura VI.14.</b> Localização da áreas de concessão do Senhor do Socorro – polígono vermelho.	610
<b>Figura VI.15.</b> Esquema interpretativo da evolução de depósitos de Fe gossanizados, ilustrando-se o dobramento em bainha (dobras de plano axial sub-horizontal) na fase D2 dos níveis hiperferríferos concentrados no Silúrico.	610
<b>Figura VI.16.</b> Bloco diagrama de zonas de alteração oxidativa (gossan) em sequências metavulcanossedimentares – área do Senhor do Socorro.	611
<b>Figura VI.17.</b> Esquema de localização dos trabalhos realizados pelo concessionário Sebastião Ferreira Gomes, em 1938, anexo à “Informação sobre a visita de inspecção realizada à mina de Ferro, denominada “Senhor do Socorro” – Freguesia de São Salvador (VNC).	612
<b>Figura VI.18.</b> Extracto da Carta de ocupação do Solo – COS2007. Localização da área de concessão do Senhor do Socorro – polígono vermelho.	612
<b>Figura VI.19.</b> Ilustração da formação de placers (Amstutz, 1971).	614
<b>Figura VI.20.</b> Mapa hipsométrico e hidrográfico sobre a carta geológica 1/200000.	615
<b>Figura VI.21.</b> Bloco conceptual para zonas de acumulação detrítica de minerais densos – tipo <i>plácer</i> .	616
<b>Figura VI. 22.</b> Diagrama de Ficklin com a projecção do somatório do conjunto dos conteúdos metálicos {Zn, Cu, Cd, Ni, Co e Pb} (eixo logarítmico) e pH das águas de drenagem dos EMa: <b>Valdarcas</b> (Ribeira do Poço Negro - Rio Coura), <b>Santa Justa</b> (cursos de água receptores de drenagens de escombreiras e escavações mineiras) (ICP-MS / EOS); <b>Fulão e Castelhão</b> (escorrências superficiais discriminadas na legenda) (HR ICP-MS / EOS).	624
<b>Figura VI.23.</b> Carta de Classificação de EMa na RMArga	627
<b>Figura VI. 24.</b> Combinação de atributos (potencialidade, impacte, património) para a classificação do EMa (125 perfis segundo 13 conjuntos com diferentes graus de importância em gestão territorial).	629
<b>Figura VI. 25.</b> Contributo para uma matriz de ordenamento territorial do EMa. Domínios de intervenção e planeamento – municipal, central, mineiro.	630



# ÍNDICE DE TABELAS

## I. CAPÍTULO

<b>Tabela I.1.</b> Classes de depósitos minerais e acumulações metálicas e sua equivalência à organização territorial proposta para o EMa.....	16
<b>Tabela I.2.</b> Substâncias exploradas na RMArga e principais aplicações e introdução industrial, segundo Laznika (2010).....	20

## I. CAPÍTULO

<b>Tabela II.1.</b> Apresentação sinóptica dos métodos analíticos organizados por escala de intervenção e âmbito geral de aplicação.....	43
<b>Tabela II.2.</b> Coordenadas geográficas, identificação dos locais e datas (mês/ano) em que se realizou a colheita de água de escorrência superficial para o estudo de neoformações scorodíticas (s/influência – sem influencia directa dos materiais de escombreira).....	65
<b>Tabela II.3.</b> Estações de amostragem ou pontos de colheita com respectivas distâncias (em metros) ao foco principal de contaminação (escombreira de Valdarças). As estações foram definidas no programa de monitorização ambiental de Valente (2004), retomado em Alves (2007).....	66
<b>Tabela II.4.</b> Calendário de amostragem hidrogeoquímica levada a cabo no EMa de Valdarças. Amostragem: <b>A</b> – água, <b>S</b> – sedimento; <b>MAIÚSCULAS A NEGRITO</b> – materiais sujeitos a análise química por ICP; - não amostrados.....	66
<b>Tabela II.5.</b> Parâmetros, técnicas e métodos analíticos. Os protocolos analíticos encontram-se em <b>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1985)</b> e foram consultados em <b>AWWA (1992)</b> , seguindo a estrutura proposta em <b>Valente (2004)</b> , e retomada de <b>Alves (2007)</b> .....	68
<b>Tabela II. 6.</b> Espécies determinadas por cromatografia iónica ( <i>C</i> ).....	69
<b>Tabela II.7.</b> Limites de detecção na quantificação química por ICP de água de escorrência nos EMa Fulão, Castelhão, Tibães, Adoria e Penedono e águas, efluentes e sedimentos dos EMa de Valdarças e Santa Justa.....	70
<b>Tabela II.8.</b> Limites de detecção na quantificação de elementos Terras Raras (TR) em água, caracterização e principais índices usados.....	71
<b>Tabela II. 9.</b> Elementos analisados neste estudo que são considerados no DL n° 306/2007 como parâmetros obrigatórios (parâmetros cujo valor não pode ser ultrapassado pela água destinada ao consumo humano; *parâmetros indicadores (estabelecidos apenas para efeitos de controlo cujos valores devem ser considerados como valor guia) e respectivos valores paramétricos nas unidades referidas.....	73

## III. CAPÍTULO

<b>Tabela III. 1.</b> Referências geográficas (área e altimetria) e de Ordenamento do Território dos municípios que abrangem a área de estudo maior. Dados dos Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT), Planos Directores Municipais (PDM), Planos Especiais de Ordenamento do Território (PEOT) obtidos do <b>INE (2012)</b> ; das concessões obtidos do SIORMINP ( <b>LNEG, s/d</b> ).....	78
<b>Tabela III. 2.</b> Elementos descritores das principais bacias hidrográficas presentes na área de estudo [Atlas da Água (SNIRH, 2010); INAG (1999)]. Para as bacias internacionais do Minho e Lima referem-se valores de extensão e áreas totais e nacionais.....	80
<b>Tabela III. 3.</b> Elementos descritores dos afluentes principais das Bacias hidrográficas indicadas na <b>Tabela III. 2</b> [Atlas da Água (SNIRH, 2010) <b>Instituto da Água (1999)</b> , <b>Alonso et al. (2003)</b> ].....	82
<b>Tabela III. 4.</b> Classes de declives utilizadas na projecção da Carta de Declives ( <b>Figura III. 6</b> ).....	83
<b>Tabela III. 5.</b> Parâmetros de discriminação das Zonas Climáticas apresentadas na <b>Figura III. 6</b> ( <b>Alonso et al. 2008</b> ).....	83
<b>Tabela III. 6.</b> Elementos de localização das estações meteorológicas consultadas especificamente para a RMArga (INAG, 2000).....	84
<b>Tabela III. 7.</b> Unidades Litoestratigráficas da ZCI e ZGT, discriminadas na proposta de revisão da Folha 1C (escala 1:50.000).....	96
<b>Tabela III. 8.</b> Discriminação de granitóides proposta por Leal Gomes et al. 2008, para os domínios estruturais com representação na carta 1C, e ilustrados na <b>Figura III. 15</b> .....	98
<b>Tabela III. 9.</b> Valores oficiais do kg de concentrados de W (em escudos). *Valores reduzidos à unidade; + Suspensão da exploração.....	111

<b>Tabela III. 10.</b> Contabilização das minas com produção em tungsténio e outros metais, de 1946 a 1962. (Dossier W, 104:CMNorte, 1963).....	112
<b>Tabela III. 11.</b> Capacidade produtiva das concessionárias com lavra em 1985 (Dossier W, 106: CMNorte, 1963). GEOMINA única da RMArga.....	114
<b>Tabela III.12.</b> Áreas mineiras (concessões e coutos) com relevo no N de Portugal – Legenda à Figura III. 19. Substâncias-alvo e décadas em que foram concessionadas (a década a negrito indica aquela em que se verificaram maior número de concessões pedidas para a área mineira em causa).....	117
<b>Tabela III. 13.</b> Depósitos exógenos (de alteração meteórica, supergénica, tipo detrítico e químico) atribuídos ao Norte de Portugal (CCDR-N, 2009b) .....	118
<b>Tabela III. 14.</b> Depósitos de origem metamórfica (metamorfismo regional e de contacto) atribuídos ao Norte de Portugal (CCDR-N, 2009b).....	119
<b>Tabela III. 15.</b> Depósitos relacionados com rochas básicas e granitóides, atribuídos ao Norte de Portugal (CCDR-N, 2009b).....	120
<b>Tabela III. 16.</b> Depósitos hidrotermais relacionados ou não com zonas de cisalhamento. Atribuídos ao Norte de Portugal (CCDR-N, 2009b).....	122

## IV. CAPÍTULO

<b>Tabela IV.1.</b> Valores de declividade magnética a partir do IGRF, obtidos com o calculador disponível em <a href="http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#declination">www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#declination</a> , para a localização 41° 41' 46"N; 8° 50' 39" (Viana do Castelo) no período de 1900-1980.....	140
<b>Tabela IV. 2.</b> Extracto do Guião de Entrevista, com a organização dos assuntos dedicados ao Bloco A (versão completa apresentada em <b>Alves, 2007</b> ). .....	142
<b>Tabela IV.3 -</b> Caracterização dos Entrevistados.....	145
<b>Tabela IV.4.</b> Modelo de cabeçalho dos protocolos de cada entrevista. ....	146
<b>Tabela IV.6.</b> Valores de produção declarada do CM n.º 58 – Valdearcas (extraídos dos Relatórios de Reconhecimento Mineiro).....	185
<b>Tabela IV.7.</b> Abordagens técnicas, equipamentos e ferramentas utilizados nas diferentes fases da exploração mineira.....	201
<b>Tabela IV.8.</b> Referências das oficinas de preparação e tratamento de minérios que terão existido na RMArga: .....	203
<b>Tabela IV.9.</b> Processos de concentração e propriedades que intervinham na separação de minérios de RMArga.....	205
<b>Tabela IV.10.</b> Equipamentos e/ou procedimentos usados em cada uma das fases de tratamento mineral, em lavarias da RMArga.....	206
<b>Tabela IV.11.</b> Equipamentos e/ou procedimentos de cada uma das fases de tratamento mineral, em lavarias do <b>Campo Mineiro de Valdearcas</b> - RMArga.....	207
<b>Tabela IV.12.</b> Síntese de elementos de estatística mineira das concessões de RMArga com produção no ano de 1938 ( <b>Bol.Minas, 1940</b> ).....	220
<b>Tabela IV.13.</b> Síntese comparativa da tributação fiscal declarada para as concessões da RMArga no período de 1930 e 1957 ( <b>VI ANEXO</b> ).....	222
<b>Tabela IV.14.</b> Síntese das antigas concessões que integram o Campo Mineiro da Serra de Covas, principais elementos identificadores.....	225
<b>Tabela IV.15.</b> Síntese sobre antigas concessões que integram o Campo Mineiro do Lousado.....	228
<b>Tabela IV.16.</b> Síntese sobre as antigas concessões que integram o Campo Mineiro de Cabração.....	231
<b>Tabela IV.17.</b> Síntese das antigas concessões que integram o Campo Mineiro de Formigoso a Cabanas .....	236
<b>Tabela IV.18.</b> Abordagem mineira das concessões que integram o Campo de Formigoso a Cabanas.....	237
<b>Tabela IV.19.</b> Síntese das antigas concessões que integram o Campo Mineiro da Cumieira a Junqueiro.....	240
<b>Tabela IV.20.</b> Teores expeditos a partir dos <i>placers</i> .....	240
<b>Tabela IV.21.</b> Síntese das antigas concessões que integram o Campo Mineiro de Argas - Cerquido.....	243
<b>Tabela IV.22.</b> Síntese das antigas concessões que integram o Campo Mineiro de Santa Justa, principais elementos identificadores.....	245
<b>Tabela IV.23.</b> Síntese das antigas concessões que integram o Campo Mineiro de Meixedo e Vila Mou .....	250
<b>Tabela IV. 24.</b> Síntese das antigas concessões que integram o Campo Mineiro de Agueira, principais elementos identificadores. As concessões que respeitam ao CM51 estão assinadas com <sup>CM</sup> .....	253
<b>Tabela IV.25.</b> Síntese das antigas concessões que integram o Campo Mineiro de Vale do Âncora.....	255

Tabela IV.26. Síntese das antigas concessões que integram o Campo Mineiro de Traz Ancora e CM30, principais elementos identificadores.....	257
Tabela IV.27. Síntese das antigas concessões que integram o Campo Mineiro de Gondar, principais elementos identificadores. As concessões que respeitam ao CM24 estão assinadas com <sup>CM</sup> .....	259
Tabela IV.28. Síntese das antigas concessões que integram o CM de Dem. As concessões que respeitam ao CM6 estão assinaladas com <sup>CM</sup> .....	261
Tabela IV.29. Síntese das concessões que integram o Campo Mineiro de Valdarcas, com as concessões que respeitam ao CM58 assinadas com <sup>CM</sup> .....	266
Tabela IV.30. Ocorrências mais importantes do depósito do Campo Mineiro de Valdarcas (adaptado de <b>Bronkhorst e Farinha, 1979</b> ).....	267
Tabela IV.31. Valores declarados de produção do CMValdarcas ( <b>DossierCM58, RTR, 1964-84</b> ).....	269
Tabela IV.32. Síntese de alguns dos aspectos discriminantes do funcionamento mineiro passado nos 14 Campos Mineiros.....	273
Tabela IV. 33. Dados relativos a alguns depósitos aplito-pegmatíticos explorados na Faixa Serra de Covas-Lousado-Formigoso (F1), obtidos nos PL e RRM correspondentes.....	280
Tabela IV. 34. Dados relativos a alguns depósitos aplito-pegmatíticos explorados na Faixa Vilarinho-Cabração-Seixalvo (F2), dados avançados nos PL e RRM correspondentes.....	282
Tabela IV. 35. Dados relativos a alguns depósitos na Faixa Argas-Cerquido-Santa.Justa (F3), dados avançados nos PL e RRM correspondentes.....	283
Tabela IV. 36. Dados relativos a alguns depósitos explorados na Faixa de Dem-Pedrulhos-Espantar (F4), dados avançados nos PL e RRM correspondentes.....	285
Tabela IV. 37. Dados relativos a alguns depósitos explorados na Faixa Costa das Minas-Azevedo-Paradela (F5), dados dos PL e RRM.....	287
Tabela IV. 38. Dados relativos a alguns depósitos aplito-pegmatíticos explorados na Faixa Alto da Bouça da Breia-Folgadoiro-Campo da Corte (F6), dados avançados nos PL e RRM).....	287
Tabela IV. 39. Dados relativos a alguns depósitos explorados na Faixa Amonde -"Verdes"- Corredouras (F7), dados de PL e RRM).....	288

## V. CAPÍTULO

Tabela V. 1. Características dos EMa seleccionados para amostragem e reconhecimento mineralógico preliminar na RMArga, com indicação dos local de amostragem e dos materiais alvo de colheita (amostras de mão e material detrítico).....	292
Tabela V. 2. Inventário mineralógico de minérios, em <b>material detrítico</b> , identificação segundo o procedimento analítico da <b>Figura II. 10 (Capítulo II)</b> .....	294
Tabela V. 3. Inventário mineralógico, em <b>material detrítico</b> , de gangas com densidade superior à do quartzo, identificação segundo o diagrama analítico da <b>Figura II. 10 (Capítulo II)</b> .....	295
Tabela V. 4. Inventário mineralógico decorrente do estudo de <b>amostras de mão</b> provenientes de escombreira e afloramentos semelhantes aos explorados e obtidos próximos das escavações mineiras. Identificação de acordo com o procedimento analítico da <b>Figura II.8 (Capítulo II)</b> .....	296
Tabela V. 5. Inventário de neoformações mineralógicas em <b>amostras de mão</b> provenientes de escombreira (materiais definidos como <b>tipo 4</b> da <b>Figura V. 1</b> ) Identificação segundo o procedimento analítico na <b>Figura II.8 (Capítulo II)</b> .....	297
Tabela V. 6. Paragéneses em amostra de mão e concentrado denso de diferentes tipos de mineralizações tungstíferas. Ambientes genéticos estudados em <b>Dias e Leal Gomes (2010); Leal Gomes et al. (2011)</b> e <b>Dias (2012)</b> .....	302
Tabela V. 7. Caracterização das amostras seleccionadas para o estudo dos tungstatos de ambiente vulcanogénico exalativo.....	304
Tabela V. 8. Análises pontuais (APFU) em grãos de volframite e scheelite da Cerdeirinha, relações (Fe + Mn + Ca) /W e (Fe+ Mn).....	305
Tabela V. 9. Unidades litológicas da Cerdeirinha, enunciadas de topo para a base, segundo a sequência estratigráfica proposta em <b>Dias (2012)</b> .....	306
Tabela V. 10. Cronologia para os suportes mineralógicos de W no depósito do Domo de Covas, proposta de <b>Bayer(1968)</b> e revista por <b>Coelho (1990)</b> .....	308
Tabela V. 11. Fórmulas empíricas de algumas fases com expressões texturais de substituição (ferberitização).....	310
Tabela V. 12. Caracterização das amostras seleccionadas para o estudo dos tungstatos de ambiente hidrotermal.....	312

Tabela V. 13. Paragéneses com distintos minérios tipomórficos, identificadas na Zona de Cisalhamento Argas-Cerquido (EMA do Fulão), em função da composição, textura e intercrescimentos (observados em amostras de mão), segundo <b>Leal Gomes e Gaspar (1992) e Leal Gomes (1994)</b> .....	314
Tabela V. 14. Análises pontuais (APFU) em cristal de stolzite, provenientes de uma cavidade miarolítica de amostras seleccionadas do Fulão (Ef).....	315
Tabela V. 15. Composições quantitativas pontuais de volframites (APFU) em MSE. Cálculo da fórmula com base em 4 oxigénios.....	327
Tabela V. 16. Composições quantitativas pontuais de scheelites (APFU) em MSE. Cálculo da fórmula com base em 4 oxigénios.....	332
Tabela V. 17. Composições quantitativas pontuais de stolzite/raspite (APFU) em MSE. Cálculo da fórmula com base em 4 oxigénios.....	335
Tabela V. 18. Características dos principais fenómenos de transformação supergénica e exemplos de minerais reconhecidos em EMA. Graus de intensidade relativa: sem significado (-) a elevada intensidade.....	341
Tabela V. 19. Classes de resistência à meteorização de alguns minerais de formação das rochas e minerais densos (Adaptado de <b>Rukhin, 1958, cit por Rosler e Lange, 1972</b> ).....	344
Tabela V. 20. Hierarquização de alguns tipos de depósitos de acordo com o potencial de geração de drenagem de águas ácidas de mina (DAM): o grau 1 equivale ao depósito com maior potencial (modificado de <b>Kwong, 1993, cit por Lottermoser, 2007</b> ).....	344
Tabela V.21. Reações químicas de fases minerais que controlam a produção de acidez no meio aquoso (Adaptado de <b>Lottermoser, 2007</b> ).....	346
Tabela V. 22. Componentes de análise dos estudos dedicados às crustificações scorodíticas e ferralíticas, ambientes de neoformação e controlo geoambiental.....	348
Tabela V.23. Solubilidade da scorodite (*na presença de).....	355
Tabela V.24. Paragéneses com scorodite, identificadas em escombreliras dos EMA em apreço (retomado de <b>Alves et al., 2010</b> ).....	357
Tabela V. 25. Caracterização das ocorrências scorodíticas nos EMA em apreço.....	358
Tabela V.26. Dados físico-químicos e de análise química (ICP-MS) de água de escorrência na <b>escombrelira E4</b> (local CE), EMA de <b>Castelhão</b> .....	367
Tabela V.27. Dados físico-químicos e de análise química (ICP-MS) de águas de escorrência <b>sem influência dos materiais de escombrelira</b> (local CV), EMA de <b>Castelhão</b> . (Parâmetros e sua organização similares aos da <b>Tabela V.26</b> ).....	367
Tabela V. 28. Composições de geoquímica de rocha total (unidades em ppm) de amostras de filão quartzo com sulfuretos expostos na Galeria designada por L (Concessão de Covas dos Mouros), EMA do Fulão.....	374
Tabela V. 29. Dados físico-químicos e hidrogeoquímicos (ICP-MS) de águas de escorrência em <b>trincheira</b> (local FT) e <b>galeria</b> (local FG), EMA do <b>Fulão</b> .....	378
Tabela V. 30. Dados físico-químicos e de análise química (ICP-MS) de água de escorrência <b>sem influência dos materiais de escombrelira</b> (local FV), EMA do <b>Fulão</b> .....	378
Tabela V. 31. Dados físico-químicos e de análise química (ICP-MS) de água de escorrência em <b>escombrelira</b> (local PE) e na entrada da <b>galeria G1</b> (local PG), EMA de <b>Penedono</b> .....	385
Tabela V. 32. Dados físico-químicos e de análise química (ICP-MS) de água de escorrência, <b>sem influência dos materiais de escombrelira</b> (local PV), EMA de <b>Penedono</b> . (Parâmetros e sua organização similares aos da <b>Tabela V.26</b> ).....	385
Tabela V. 33. Áreas de concessão que integram o EMA de Adoria ( <b>SIORMINP, s/d</b> ). Amostragem em escombrelira e escorrências superficiais realizada em Monte de Entre-Portelas. Ruínas dos edifícios de tratamento - Adoria ( <b>Figura V.66C</b> ), Ruínas das casas de acolhimento e habitação dos trabalhadores - Fonte Seca ( <b>Figura V.66D</b> ). C50K - carta geológica de Portugal, 1:50000; C25K - carta topográfica do Exército, Série M888, 1:25000. Situação da concessão até 1990: revogada (R), abandonada (A), anulada (N).....	387
Tabela V. 34. Dados físico-químicos e de análise química (ICP-MS) de água de escorrência na <b>escombrelira Eo</b> (local AE) e na entrada de uma <b>galeria</b> (local AG), EMA de <b>Adoria</b> .....	390
Tabela V. 35. Dados físico-químicos e de análise química (ICP-MS) de águas de escorrência, <b>sem influência dos materiais de escombrelira</b> , EMA de <b>Adoria</b> .....	390
Tabela V. 36. Dados físico-químicos e de análise química (ICP-MS) de água de escorrência superficial na <b>escombrelira E3</b> (local TE) e numa <b>trincheira</b> (local TT), EMA de <b>Tibães</b> .....	397
Tabela V. 37. Dados físico-químicos e de análise química (ICP-MS) de água de escorrência superficial, <b>sem influência dos materiais de escombrelira</b> (local TV), EMA de <b>Tibães</b> .....	397

Tabela V. 38. Caracterização em lupa binocular e análise quantitativa de scorodites (MSE - I Programa) .....	400
Tabela V. 39. Caracterização em lupa binocular e análise quantitativa de scorodites (MSE - II Programa) .....	404
Tabela V. 40. Espectro de variação cromática, textural e composicional em crustificações scorodíticas reconhecidas para os EMA de Castelhão e Tibães. ....	407
Tabela V. 41. Caracterização em lupa binocular e análise quantitativa (MSE - III Programa) de scorodites e outros arsenatos .....	408
Tabela V. 42 - Caracterização cromática, associações minerais e análise quantitativa (MSE - IV Programa) de scorodites e outros arsenatos de Tibães: .....	415
Tabela V. 43. Análise quantitativa (MSE) de pirites - amostra TG (EMA de Tibães). O programa incluiu ainda a determinação dos seguintes conteúdos que não foram detectados: Pb, Hg, Sc, V, Sb. ....	416
Tabela V. 44. Composição em APFU da associação scorodite-yanomamite detectada em Tibães em cristais compósitos e crustas scorodíticas. ....	427
Tabela V. 45. Análise quantitativa (MSE) de sulfuretos e fases associadas do EMA de Fulão (amostra Fcs) e Tibães (amostra TBI); Penedono (amostra Pars). ....	430
Tabela V. 46. Mobilidade relativa de elementos em ambientes secundários (modificado de <b>Andrews e Jones, 1968</b> ) .....	435
Tabela V. 47. Parâmetros de determinação expedita dos locais de colheita e parâmetros físico-químicos da água de escorrência superficial. *Tibães (TT e TE) - valores obtidos sem estabilização do equipamento. ....	436
Tabela V. 48. Resultados analíticos representativos da água da chuva no Minho (obtidos de <b>Lima, 2001</b> ). Espécies químicas em mEq/L. ....	437
Tabela V. 49. Composição em elementos Terras Raras de águas de escorrência superficial colhidas em EMA. ....	452
Tabela V.50. Termos de abundancia e alterabilidade relativa do espectro de minerais típicos da paragénese primária do depósito do Domo de Covas. (Adaptado de <b>Valente, 1996</b> ). ....	461
Tabela V. 51. Termos de abundancia e alterabilidade relativa do espectro de minerais típicos da paragénese primária do depósito de Santa Justa. ....	465
Tabela V. 52. Perfis A, B e C (localizados na <b>Figura V. 20</b> ). Amostragem em diferentes níveis com quantificação dos conteúdos vestigiais de Au (ppb). Extração química com <i>Aqua Regia</i> , seguida de ICP - MS. ....	480
Tabela V. 53. Componentes principais (GCDkit 2.3, <b>Janousek et al., 2006</b> ) dos parâmetros (pH, Eh, SO <sub>4</sub> , acidez, Fe, Mn, Cu, Zn, As, Ca, K, Al, Na, Si, Mg, F) analisados nas estações do <b>Sistema Poço Negro - Rio Coura</b> , nas campanhas de Fev.-Março, Maio-Jun. e Set.-Out de 2007-2011 .....	483
Tabela V. 54. Componentes principais (GCDkit 2.3, <b>Janousek et al., 2006</b> ) dos parâmetros (pH, Eh, SO <sub>4</sub> , acidez, Fe, Mn, Cu, Zn, As, Ca, K, Al, Na, Si, Mg, F) analisados nas estações do <b>Ribeiro do Poço Negro</b> , nas campanhas de Fev.- Março, Maio-Jun. e Set.-Out. de 2007-2011. ....	484
Tabela V. 55. Estações do Ribeiro do Poço Negro - variação dos parâmetros físico-químicos de medição <i>in situ</i> [pH, potencial redox (Eh), temperatura (T), condutividade eléctrica (CE), oxigénio dissolvidos (OD)]; de análise laboratorial [acidez ( <b>Acid</b> ), alcalinidade total ( <b>AlcTot</b> ), sólidos suspensos totais ( <b>SST</b> ), conteúdo do anião sulfato (SO <sub>4</sub> )] (procedimentos específicos enunciados no Capítulo II). Abundância relativa de neoformações mineralógicas ao longo do curso e margens ( <b>NeoFor min</b> ) (LB e DRX) e de micro-algas <i>Euglena sp.</i> (E) e <i>Klebsormidium sp</i> (K) (LB e MOLT). ....	485
Tabela V. 56. Estações do Rio Coura - variação dos parâmetros físico-químicos de medição <i>in situ</i> [pH, potencial redox (Eh), temperatura (T), condutividade eléctrica (CE), oxigénio dissolvidos (OD)]; de análise laboratorial [acidez ( <b>Acid</b> ), alcalinidade total ( <b>AlcTot</b> ), sólidos suspensos totais ( <b>SST</b> ), conteúdo do anião sulfato (SO <sub>4</sub> )] (procedimentos específicos enunciados no Capítulo II). Abundância relativa de neoformações mineralógicas ao longo do curso e margens ( <b>NeoFor min</b> ) (LB e DRX) e da micro-alga <i>Klebsormidium sp</i> (K) (LB e MOLT). Composição química, valores mínimos e máximos (valor <i>entre parêntesis</i> corresponde à amostragem de <b>Fev. de 2007</b> ), conteúdo dos elementos maiores Fe, Ca e Si (ICP-EOS) e dos elementos traço [somatório de Zn,Cu,Cd,Ni,Co,Pb] ( $\Sigma$ [metais]) e As (ICP-MS). ....	489
Tabela V. 57. Estações do Ribeiro de Santa Justa (SSJ) e no Regato de Água Levada (EST) - variação dos parâmetros físico- químicos de medição <i>in situ</i> [pH, potencial redox (Eh), temperatura (T), condutividade eléctrica (CE), oxigénio dissolvidos (OD)]; de análise laboratorial [acidez ( <b>Acid</b> ), alcalinidade total ( <b>AlcTot</b> ), sólidos suspensos totais ( <b>SST</b> ), conteúdo do anião sulfato (SO <sub>4</sub> )] (procedimentos específicos enunciados no Capítulo II). Abundância relativa de neoformações mineralógicas ( <b>NeoFor min</b> ) (LB e DRX). Composição química, valores mínimos e máximos (valor <i>entre parêntesis</i> corresponde à amostragem de <b>Fev. de 2007</b> , conteúdo dos elementos maiores Fe e Ca (ICP- EOS) e dos elementos traço [somatório de Zn,Cu,Cd,Ni,Co,Pb] ( $\Sigma$ [metais]) e As (ICP-MS). ....	493
Tabela V. 58. Conteúdos em elementos terras raras na água e respectivos valores de pH obtidos nas estações do Ribeiro do Poço Negro, Rio Coura, Ribeiro de Santa Justa (SSJ) e Regato de Água Levada (EST). Somatório de TR (SumTR); somatório TR leves (TRL); somatório TR intermédios (TRM); somatório TR pesados (TRP); anomalia em Eu	

(Eu/Eu*); anomalia de Ce (Ce/Ce*), índices obtidos segundo os cálculos apresentados na <b>Tabela II.8 (Capítulo II)</b> . Valores disponíveis de precipitação média mensal (mm) e Temperatura (°C) para cada uma das campanhas (INAG, 2011).....	504
<b>Tabela V. 59.</b> Combinações do Fe em neoformações sobre superfícies vegetais de materiais acumuladas ao longo do curso de água. ....	518
<b>Tabela V. 60.</b> Distinção dos processos de bioadsorção, bioacumulação e biomineralização (baseado em <b>Chojnacka, 2010</b> .....	522
<b>Tabela V. 61.</b> Condições de precipitação de alguns elementos, em função do valor de pH (de acordo com Rankama-Sahajma, <i>cit por Rosler e Lange, 1972</i> ).....	539
<b>Tabela V. 62.</b> Tamanho das partículas coloidais (10 a 1000 Å) e respectivas técnicas de determinação e análise (LB, MOLR/T; MEV e DRx), de acordo com Ostwald, <i>cit por Rosler e Lange, 1972</i> .....	541
<b>Tabela V. 63.</b> Carga eléctrica de coloides e sols ( <b>Rosler e Lange, 1972</b> .....	542
<b>Tabela V. 64.</b> Concentração geoquímica de elementos em sedimentos por adsorção ( <b>Rosler et al, 1971</b> ).....	542
<b>Tabela V. 65.</b> Características das várias classes texturais (modificado de <b>Alveirinho Dias, 2004</b> ).....	545
<b>Tabela V.66.</b> Composição mineralógica semi-quantitativa estimada por DRX de rocha total na fracção < 20 µm - Campanhas Set. de 2008; Fev. de 2009; Set. de 2009, para as Estações do Rib. do Poço Negro (V3, o5A, V4, V5, V9, V7) e do Rio Coura (C1, C4, C4', C6, C11, C12).....	550
<b>Tabela V. 67.</b> Estudo mineralométrico de concentrados de bateia das estações seleccionadas no Rio Coura (e afluentes); Rio Ancora (Anc), Ribeiro dos Campos (Cam) e Rio Estorãos (Est).....	562
<b>Tabela V. 68.</b> Separação granulométrica de sedimentos densos (C6, C11, M1E, M1F e VML) em coluna de 4 crivos para malhas nos intervalos >400 µm, 400 a 200 µm, 200 a 50 µm e < 50 µm. Peso inicial normalizado a 100g.....	563
<b>VI.CAPÍTULO</b>	
<b>Tabela VI. 1.</b> Tipologia proposta para os depósitos explorados na RMArga, índices aplicados ao longo do texto. Consideram <b>substancias-alvo</b> , aquelas que tenham revelado e revelem actualmente interesse extractivo.....	570
<b>Tabela VI. 2.</b> Quadro-síntese dos minérios alvo de exploração (ou em vista, no caso do Li), em função do seu portador tipológico. Abreviaturas discriminadas em índice próprio.....	572
<b>Tabela VI.3.</b> Intervalos de calibres que intervêm no tratamento de minérios por diferenciados processos de concentração. Exemplos de lavarias de RMArga, para os depósitos: metassomatitos (T1); aplitopegmatitos (T2); Hidrotermalitos (T3); <i>placers</i> (T1). ....	576
<b>Tabela VI.4.</b> Síntese paragenética e morfológica do depósito do Domo de Covas. A indicação da sucessão de cristalização segue as propostas de <b>Bayer (1968)</b> , discutidas em <b>Coelho (1993)</b> e retomadas em <b>Dias (2012)</b> . Abreviaturas esclarecidas em índice próprio. ....	580
<b>Tabela VI.5.</b> Concessões mineiras sobre depósitos metassomáticos em associações protolíticas vulcanossedimentares exalativas. Número de Cadastro Mineiro Oficial, Couto Mineiro de Valdarcas (CM58), que integrava a maioria das concessões. ** A exploração sobre os depósitos de W sofre uma quebra entre os anos 1960 e 1964, período de “Crise do Volfrâmio”, com suspensão da lavra. <b>CM58*</b> A concessão da Cerdeirinha só passa a pertencer ao CM58 a partir de 1971 (o concessionário anterior, MINARGA, foi penhorado em 1959).....	581
<b>Tabela VI.6.</b> Média das estatísticas mineiras do Couto Mineiro de Valdarcas - concessionária <i>Geomina Lda. (Dossier n.º58)</i> .....	581
<b>Tabela VI.7.</b> Acções de prospecção dedicadas aos depósitos metassomáticos em associações protolíticas vulcanogénicas e de tipo SEDEX.....	583
<b>Tabela VI.8.</b> Corpos aplito-pegmatíticos e formas de transição para o granito/instalação – <b>SECTORES PROXIMAIS</b> .....	589
<b>Tabela VI.9.</b> Afloramentos aplito-pegmatíticos – <b>SECTORES dos ANTIFORMES ADJACENTES</b> .....	590
<b>Tabela VI.10.</b> Corpos aplito-pegmatíticos reconhecidos nos <b>SECTORES DISTAIS</b> .....	590
<b>Tabela VI.11.</b> Caracterização mineralógica e tipologia composicional dos aplito-pegmatitos do campo d'Arga. Abreviaturas em índice próprio. ....	592
<b>Tabela VI.12.</b> Expressões mineralógicas correspondentes dos aplitopegmatitos de minerais raros. Entre parêntesis fácies e metais raros. Abreviaturas esclarecidas em índice próprio.....	593
<b>Tabela VI.13.</b> Quadro dos recursos base para as diferentes mineralizações atribuídas aos aplito-pegmatitos, referência ao enxame sill. Mais significativos apresentam-se a sublinhado. Extraído de <b>Leal Gomes (1994)</b> . ....	593
<b>Tabela VI.14.</b> Morfologia de pegmatóides e relação com a 3ª fase Varisca. Exemplos de minas cujos depósitos-alvo manifestavam fácies dominante.....	594
<b>Tabela VI.15.</b> Concessões mineiras que lavraram sobre depósitos aplito-pegmatíticos. Agrupadas por coutos (CM), campos (C) e faixas mineiras (F). ....	595

Tabela VI.16. Acções de prospeção e pesquisa passadas dirigidas aos depósitos aplito-pegmatitos.....	597
Tabela VI.17. Contractos de prospeção e pesquisa presentes dirigidas aos depósitos aplito-pegmatitos ( <b>Mineral Resources of Portugal, 2012</b> ).....	597
Tabela VI.18. Calibres que intervieram nos processos de separação e concentração gravítica presente nas lavarias-sede, exemplos não exclusivos.....	598
Tabela VI.19. Classes de interesse patrimonial de minas e minérios de depósitos tipo aplito-pegmatito, discriminados pelas fácies.....	599
Tabela VI.20. Descrição dos tipos de suportes litológicos e estruturais das mineralizações (representadas pelos índices metalogenéticos) de acordo com <b>Leal Gomes (1994)</b> . ABREVIATURAS: quartzo (Qz); sulfuretos (sulf); sulfossais (sulfos); fluorite (FLUO).....	601
Tabela VI.21. Descrição das principais estruturas mega-escalares definidas em regime dúcil-fagil a frágil. Adaptado de <b>Leal Gomes (1994)</b> .....	602
Tabela VI.22. Principais concessões mineiras que lavraram depósitos filonianos hidrotermais. Agrupadas por campos (C) e faixas mineiras (F).....	604
Tabela VI.23. Acções de prospeção e pesquisa passadas dirigidas a depósitos filonianos-venulares de Qz hidrotermal.....	606
Tabela VI.24. Paragéneses primárias e secundárias exemplares.....	607
Tabela VI.25. Classes de interesse patrimonial de minas e minérios de depósitos tipo enxame venular hidrotermal.....	607
Tabela VI.26. Expressões mineralógicas correspondentes dos minérios depósitos tipo plácer (características referidas em PLde mina).....	617
Tabela VI.27. Concessões Mineiras que lavraram exclusivamente depósitos detriticos, indicam-se o tipo de depósitos a que estas minas se associam, correspondendo eventualmente ao depósito primário.....	617
Tabela VI.28. Acções de pesquisa e prospeção dirigidas a depósitos tipo <i>plácer</i> .....	619
Tabela VI.29. Tipos de acumulados estéreis, decorrente de lavra sobre <i>placers</i> , características a considerar, exemplos e impacte actual associado.....	620
Tabela VI.30. Classes de interesse patrimonial de minas e minérios de depósitos tipo <i>placer</i> .....	621
Tabela VI. 31. Quadro de Recursos atribuíveis à RMArga.....	623
Tabela VI.32. Padrão de classificação do EMa. A escala representa o nível de importancia atribuída a cada variavel individualmente.....	625
Tabela VI. 33. Protocolos de planeamento e intervenção em EMa a adoptar por entidades do domínio municipal, central, empresarial mineiro, segundo um sistema integrado de gestão, que contempla os atributos: potencialidade mineira (I); impacte ambiental (II) e património geomineiro (III).....	631



## ABREVIATURAS

## M I N E R A I S

<b>A</b>	ACT-TRE	actinolite-tremolite (serie)	<b>F</b>	FAR	farmacossiderite
	ALB	albite		F-AP	fluorapatite
	ALM	almandina (grupo da granada)		FELD	feldspato alcalino
	ALU	alugénio (grupo)		FK	feldspato potássico
	ANA	anatase		FER	ferberite (serie volframite)
	AND	andaluzite		FERRI	ferrihidrite
	ANI	anidrite		FLO	flogopite
	ANF	anfíbola (grupo)	<b>G</b>	GAL	galena
	AP	apatite(Ca-F)		GAN	ganite
	ARA	aragonite		GES	gesso
	ARS	arsenopirite		GIB	gibbsite
	ARSS	arsenosiderite		GOE	goethite
	AU	ouro		GRA	granada (grupo)
				GRO	grossulária (grupo da granada)
<b>B</b>	BA	barite	<b>H</b>	HEM	hematite
	BER	berilo		HUB	huebnerite (serie volframite)
	BEA	beudantite	<b>I</b>	ILM	ilmenite
	BI	bismuto		ILMRUT	ilmenorútilo
	BIO	biotite	<b>J</b>	JAR	jarosite
	BIS	bismutinite	<b>K</b>	K	caulinite
	BRAS	brasilianite		KAN	kanquite
	BLE	blenda (ou esfalerite)		K?	kaialaite
	BIOT	biotite	<b>L</b>	LAZ-SCOR	Lazulite-scorzalite
<b>C</b>	CACOX	cacoxenite		LEP	lepidolite
	CAL	calcite		LEPI	lepidocrocite
	CALC	calcopirite		LIM	limonite
	CAS	cassiterite		LO	lollingite
	CLO	clorite (grupo, min. Argila)	<b>M</b>	MAR	marcassite
	COR	corindo		MAG	magnetite
	CORD	cordierite		MEL	melanterite
	COV	covelite		MIM	mimetite
	COL-TAN	columbite-tantalite		MOS	moscovite
	CIL	cilidrite		MON	monazite
	CRAND	crandalite (grupo)		MONT	montebrasite
	CRIS	crisoberilo	<b>O</b>	OP	opala
<b>D</b>	DIA	diásporo		ORT	ortoclase
	DIO	diópsido		OURI	ouripimento
	DIS	distena	<b>P</b>	PET	petalite
	DOL	dolomite		PEN	pentlandite
	DU	dufrenite			
<b>E</b>	ELB-LID	elbaite-lidicoatite (var.Turmalina)			
	EPI	epidoto			
	ESC	escapolite (série)			
	ESP	espinela (grupo)			
	ESPE	espeartite			
	EST	estante			

PI	pirite	SCOR	scorodite	
PIRO	pirofilite	SCORZ	scorzalite	
PIROX	piroxena (grupo)	STOL	stolzite	
PIR	pirrotite	STREN	strengite	
POL	polucite			
PL	plagioclase	<b>T</b>	TAP	tapiolite
			TOP	topazio
<b>Q</b>	QZ		TUR	turmalina
	quartzo			
<b>R</b>	RAS	<b>U</b>	URAN	uraninite
	realgar			
	REI	<b>V</b>	VAR	variscite
	reinite (var. ferberite)		VES	vesuvianite
	ROC		VIV	vivianite
	rockbridgeite		VOL	volastonite
	ROOS		VOL	volframite (serie)
	rooseveltite			
	ROZ			
	rozenite			
	RUT			
	rútilo			
<b>S</b>	S	<b>X</b>	XEN	xenotima
	enxofre			
	SCH	<b>Y</b>	YNM	yanomamite
	scheelite		YUK	yukonite
	SCHW			
	schewertmanite			
	SEGN	<b>Z</b>	ZIN	zinwaldite
	segnite		ZIR	zircão
	SIL			
	siderite			
	SID			
	silimanite			
	SCO-DRAV			
	schorl-dravite (serie, var.Turmalina)			

---

## INSTITUIÇÕES

CMNorte	Circunscrição Mineira do Norte (1917 - 1991)
SFM	Serviço Fomento Mineiro (1939 - 1990)
SGP	Serviços Geológicos de Portugal (1918 - 1990)
DGMSG	Direcção-Geral de Minas e Serviços Geológicos (1918 -1983)
DGGM	Direcção-Geral de Geologia e Minas (1983-1993)
IGM	Instituto Geológico e Mineiro (1993 - 2004)
INETI	Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação (2004 - 2007)
LNEG	Laboratório Nacional de Energia e Geologia (a partir de 2007)
DGEG	Direcção Geral de Energia e Geologia (a partir de 2007)

---

## DOCUMENTAÇÃO

PL	Plano de Lavra
RRM	Relatório de Reconhecimento de Mina
RTR	Relatório dos Trabalhos Realizados
RMM	<b>Registo de Manifesto mineiro</b>
P (C, A, DT)	<b>Pedido (concessão, arrendamento, director técnico)</b>
O (C, F)	Ofícios (concessionário, fiscalização)
A (V, D, A)	Autos (visita, demarcação, adiconamento)
R/I	Reclamações / Irregularidades
E	Estatísticas de Produção / Elementos de contribuição industrial
G	Guias de Circulação de Minério
S	Formulários de Seguros

---

## GERAIS

EMa	Espaço Mineiro Abandonado
RMArga	Região Mineira da Serra d'Arga

# I. CAPÍTULO

## INTRODUÇÃO

---

INTERESSE E OBJECTIVOS GERAIS

QUADRO LEGAL E PROGRAMAS DE INTERVENÇÃO

- Dos recursos minerais
- Do ordenamento do Território
- Do património
- Do ambiente
- Da requalificação mineira

INVESTIGAÇÕES DE REFERÊNCIA

DESCRITOR GEOLÓGICO E MINEIRO - CLARIFICAÇÃO DE CONCEITOS

- Da organização espacial
- Da qualificação de recursos
- Da prospecção integrada à revisão da potencialidade
- Da evolução geoambiental em EMA

CRITÉRIOS PARA A DELIMITAÇÃO DA ÁREA MAIOR DE ESTUDO

ELEMENTOS ANALÍTICOS E TAREFAS DE SUPORTE

- Base de Dados de Referência
- Bases de Dados que decorrem desta Investigação
- Elementos de Amostragem no EMA

PLANIFICAÇÃO



## I. INTRODUÇÃO

No NW de Portugal os sítios mineiros ocupam uma área importante no que respeita à gestão territorial. Este estudo incide particularmente sobre o espaço mineiro abandonado (EMa), representado pelas áreas de concessão mineira atribuídas no passado, desde 1836 a 1992 (Figura I.1). Segundo Melo Nogueira *et al.* (1962), no início do séc. XX estavam registadas no cadastro mineiro nacional 312 concessões; a meio do século, 2484 e, no ano de 1992, contavam-se cerca de 3642 concessões, na sua maioria dedicadas a minérios metálicos. Estes números dão conta de um empreendimento mineiro exponencial que, no final do séc. XX, praticamente cessou.

No início deste séc. XXI, a exploração de recursos minerais volta a ser alvo da atenção, tanto ao nível privado, como entre os órgãos da tutela, pensando-se na reestruturação do sector e na revisão do quadro legal (RCM n.º 78/2012).

O presente trabalho parte da premissa – a revisão do Passado mineiro é uma fase determinante na valorização de um território que já foi alvo de exploração, quer estejam em causa a retoma mineira, a classificação patrimonial, ou a requalificação ambiental. Pretende-se contribuir para estabelecer um sistema de gestão integrada dos espaços mineiros abandonados (EMa) segundo a relação e conceitos esquematizados na Figura I.1.

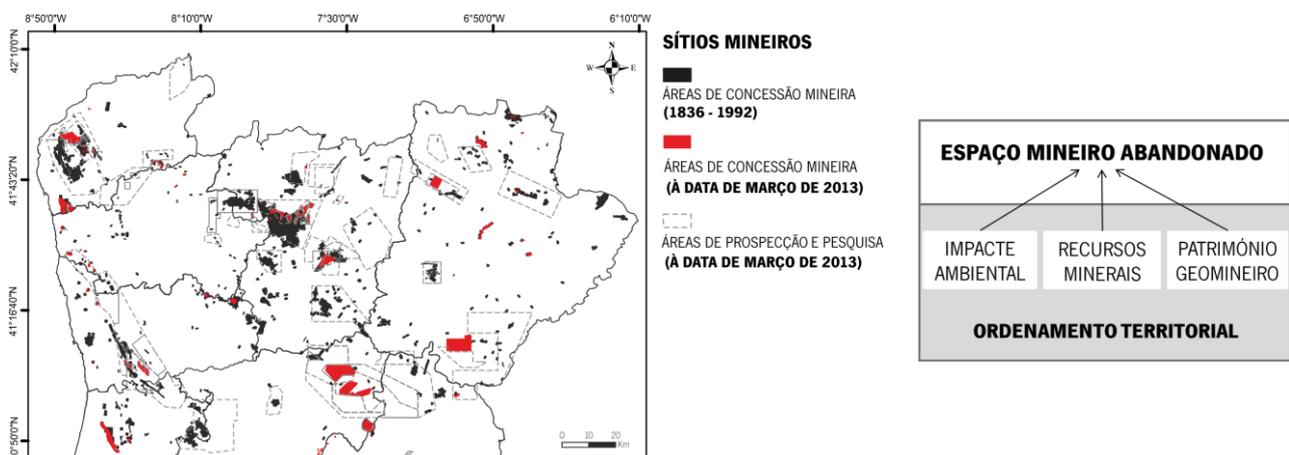


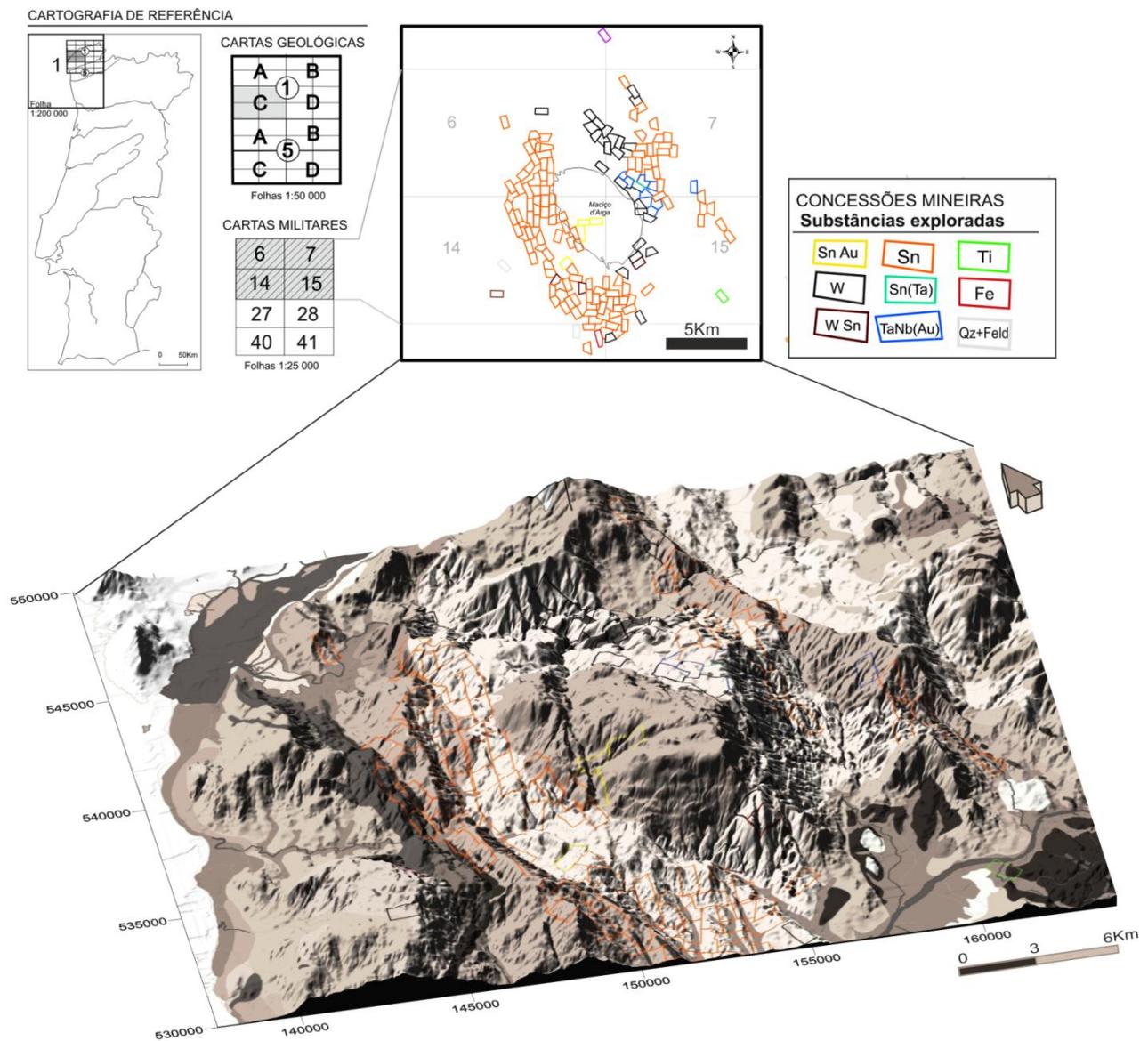
Figura I.1. Esquema conceptual do sistema de gestão integrada de espaços mineiros abandonados (EMa) com a distribuição espacial dos diversos sítios mineiros do N de Portugal (DGEG, 2013).

## I.1. INTERESSE E OBJECTIVOS GERAIS

O objecto deste estudo diz respeito às áreas que, no decorrer do séc. XX, foram concessionadas para a exploração de depósitos minerais metálicos e cujo abandono tenha decorrido sem provas de perda do valor industrial ou esgotamento das reservas. A principal área de estudo é a Região da Serra d'Arga, no Minho, NW de Portugal (Figura I.2).

Encara-se o EMa como uma unidade territorial elementar abrangente, com atributos geológicos e industriais relevantes para o ordenamento e desenvolvimento regional. Nele se integram todos os locais onde tenha decorrido exploração de recursos geológicos, à superfície e/ou subsolo, persistindo com maior ou menor exuberância vestígios ou *marcas* do seu aproveitamento. Essas *marcas* dizem respeito às intervenções que alteraram a configuração topográfica e a organização do espaço, designadamente: o conjunto das escavações, os acumulados de rejeitos, os efluentes que persistam e interfiram nos sistemas hídricos e no substrato detritico, e ainda, os edifícios referíveis à lavra e apoio social.

Na definição de EMA são também considerados aspectos sociais e da administração mineira, tais como, o suporte documental e as referências de cariz identitário, material ou imaterial (como sejam os testemunhos orais recolhidos entre as comunidades que assistiram ou intervieram nas lavras mineiras).



**Figura I.2.** Localização da área de estudo – Região da Serra d'Arga – ao nível da cartografia de referência, geológica e topográfica. Sobre o modelo digital de terreno (MDT) estão sobrepostas as áreas de concessão mineira atribuídas no decorrer do sec. XX, distinguidas pela substância explorada (Melo Nogueira *et al.* 1962). O MDT foi construído a partir dos valores de hipsometria das folhas 6, 7, 14, 15, dos Serviços Cartográficos do Exército (escala 1:25 000).

Perante a actual priorização dos recursos geológicos no desenvolvimento económico do país (RCM n.º 78/2012), a abordagem que se apresenta surge como contributo para a gestão integrada do EMA, junto daqueles que administram localmente o Território. Desta forma, equacionam-se os vectores de conhecimento que estabelecem o valor de um EMA: potencialidade mineira, património geomineiro e equilíbrio ambiental.

O desenvolvimento de instrumentos de planeamento do EMa, a uma escala regional, faculta elementos suporte de decisão e negociação sobre: **1)** potenciais investimentos extractivos; **2)** promoção e conservação do património intrínseco; **3)** planeamento de acções de requalificação ambiental.

No contexto de ordenamento do Território, o EMa corresponde a uma unidade territorial. Este estudo pretende contribuir para o desenvolvimento de instrumentos que integrem o EMa em programas de retoma / classificação / (re)qualificação / reabilitação, mediante um *sistema integrado de gestão*. Para atingir a individualização de modelos que fundamentem a potencialidade, o património, a requalificação/reabilitação ambiental de um EMa, num conjunto que expresse a diversidade regional, os elementos analíticos abrangem várias escalas de observação e análise: **Regional** - dispersão superficial do EMa, incluída no domínio da cartografia geológica e mineira (revisão dos limites de concessão e plantas de trabalhos realizados no passado, actualização de vestígios); **Local** - caracterização mineralógica e paragenética de afloramentos, cortas e escombreliras, considerando a envolvente geológica e as dependências mineiras (infra-estruturas e reservas minerais remanescentes); **Pontual** - análise química, geoquímica e mineroquímica de amostras de mão, sedimentos/precipitados e efluentes aquosos, sujeitos a desequilíbrios de natureza mineira.

A contribuição de cada um destes elementos permitirá a articulação, em interface, de diferentes valências de análise e sínteses interpretativas com fundamento geológico. Pretende-se, desta forma, viabilizar o estabelecimento de critérios geológicos nos instrumentos de ordenamento do Território, mediante o referido *sistema integrado de gestão*, com os seguintes objectivos gerais: **1** - Organização de **elementos do funcionamento mineiro passado** - inquérito sociológico segundo análise de conteúdo de entrevistas e análise documental do acervo técnico-administrativo mineiro; **2** - Diagnóstico ao **estado de evolução do EMa**, mediante indicadores mineralógicos, físico-químicos e ecológicos estabelecidos incluindo amostragem e análise de materiais geológicos diversificados; **3** - Classificação do EMa mediante os atributos potencialidade mineira, impacte ambiental e património.

Por se tratar de um tema com aplicação actual, achou-se importante, já num primeiro momento, enumerar algumas das linhas com maior interesse dos quadros legais com incidência sobre o EMa, bem como algumas das abordagens territoriais já estabelecidas no panorama nacional e internacional.

## I.2. QUADRO LEGAL E PROGRAMAS DE INTERVENÇÃO

Reconheceu-se uma relativa compartimentação dos instrumentos legais e técnicos de observação e gestão dos EMa. Ao nível das matrizes de planeamento territorial detectaram-se, por sua vez, lacunas de informação de cariz geológico e mineiro. Deste modo, a adequabilidade de estratégias de desenvolvimento regional sustentável pode estar em causa, nomeadamente, no que diz respeito a gestão de recursos naturais.

Apresentam-se de forma sumária e segundo os domínios de interesse deste trabalho alguns termos e disposições legais tomados na actualmente na abordagem convencional para o EMa.

### *Dos recursos minerais*

A pesquisa no espaço mineiro abandonado não é um exercício inédito, nem a sua importância é relegada da investigação mineira actual. Nas primeiras fases de prospecção de um espaço com evidências de lavras antigas é habitual

a amostragem e análise em: **1)** frentes de desmontes que possam revelar secções remanescentes do depósito; **2)** materiais das escombrelas; **3)** informação técnico-documental em arquivos privados ou estatais.

As acções desenvolvidas por entidades interessadas numa eventual retoma mineira ficam circunscritas ao domínio específico da exploração de recursos minerais, função de um quadro legal centralizado e hermético (DL n.º 90/90). Todavia, no passado, o poder regional gozava de uma posição interveniente e privilegiada, nomeadamente através da figura legal do *registo de manifesto de descoberta* de uma ocorrência mineral, formalizada na sede do município (desde o Decreto de 25 de Novembro de 1836 e mantido nas Lei n.º 677 de 1917 e DL n.º 18713 de 1930).

Actualmente, tanto o planeamento, como a consideração de resultados de prospecção, são feitos de forma distanciada da comunidade que gere e intervém localmente no Território.

### *Do ordenamento do Território*

Dentro da actual política de Ordenamento do Território (Lei n.º 54/2007), os vários instrumentos de planeamento municipal não impõem uma abordagem particular a áreas com interesse mineiro – seja passado ou futuro. Indicam-se, sumariamente, nas *Plantas de Ordenamento dos Planos Directores Municipais* (PDM) os perímetros concedidos para prospecção, sem contudo se identificar e classificar o interesse e a potencialidade económica que possa estar em causa.

Recentemente, e porque estão em curso revisões aos PDMs, a Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG) definiu um conjunto de princípios e orientações com vista à integração do descritor geológico nas matrizes municipais actualizadas (DGEG, 2010). Dá-se especial enfoque à geologia económica relativamente às funções: *conhecimento, conservação e valorização*. Definem-se, para cada função, áreas de qualificação distinta. Para o *conhecimento*: “Área Potencial”; para a *conservação*: “Área de Salvaguarda de Exploração”, “Área de Salvaguarda Patrimonial” e “Área de Protecção de Recursos Hidrominerais”; para a *valorização*: “Área de Exploração de Recursos Geológicos”. Esta última integra as subcategorias: **1)** “Área de Exploração Consolidada”; **2)** “Área de Exploração Complementar”; **3)** “Área em Recuperação”; **4)** “Área de Exploração Hidromineral” e **5)** “Área de Exploração Geotérmica”.

Esta qualificação vem compatibilizar os interesses territoriais nos diferentes âmbitos da tutela, no que respeita aos recursos geológicos, cuja planificação territorial está limitada ao seu quadro jurídico (DL n.º 90/90 DL n.º 88/90; DL n.º 340/2007). Também estabelece uma concordância terminológica prevista nos diplomas legais dos recursos geológicos e dos instrumentos de gestão territorial (DL n.º 316/2007), nos quais se designam “espaço de recursos geológicos”.

### *Do património*

No domínio da classificação patrimonial (Decreto n.º 67/97), o espaço mineiro é pouco considerado, muito embora, associado aos valores culturais, se reconheça uma maior predisposição, entre os órgãos municipais ou locais, na indicação de localidades onde persistem memórias mineiras, atribuindo-lhes relativo significado identitário e valor imaterial. Nessa medida, pode dizer-se que o património cultural, tal como actualmente se define (Lei n.º 107/2001), integra um conjunto de atributos referíveis ao EMa mais amplamente reconhecidos pelos órgãos da administração municipal. Contudo, a associação a vestígios indiciadores da presença romana continua a ser o aspecto mais valorizado entre os espaços mineiros e o que motiva mais processos de classificação e figuras de protecção - como pode ser encarada a “reserva arqueológica” (DL n.º 115/2012).

Também, no que se refere à Rede Nacional de Áreas Protegidas, desde a sua primeira formulação (DL n.º 19/93), os espaços mineiros e suas funções não encontram enquadramento nas classificações atribuíveis pela conservação e protecção da Natureza. Do ponto de vista da singularidade geológica de objectos e locais, existe já um enquadramento direccionado e individualizado, dentro do que se designa como “valores naturais”, ou seja, “os elementos da biodiversidade, paisagens, territórios, habitats ou geossítios” (DL n.º 142/2008). Neste novo regime de conservação da Natureza e da biodiversidade, são estabelecidos os termos: “geossítio: área de ocorrência de elementos geológicos com reconhecido valor científico, educativo, estético e cultural” e “património geológico: conjunto de geossítios que ocorrem numa determinada área e que inclui o património geomorfológico, paleontológico, mineralógico, petrológico, estratigráfico, tectónico, hidrogeológico e pedológico, entre outros”.

Neste enquadramento (DL n.º 142/2008), são discriminadas contra-ordenações ambientais muito graves sobre: “corte, extracção, pesquisa ou exploração de recursos geológicos, nomeadamente de massas minerais e inertes (...) e a destruição ou delapidação de bens culturais inventariados ou geossítios (Art.43º, n.º 1-i, q)”, e contra-ordenações leves sobre: “a colheita, a detenção e o transporte de amostras de recursos geológicos, nomeadamente minerais, rochas e fósseis” (Art. 43, n.º 4-h) nas áreas protegidas designadas em diploma legal.

### *Do ambiente*

Entre os elementos de caracterização ambiental do EMA, os resíduos e a água ocupam importância determinante. Com a publicação da Lei da água (Lei n.º 58/2005), estabeleceram-se limites de concentração de determinado elemento ou grupo de elementos, tomados como poluentes tanto na água e nos sedimentos, como no biota, que integram a designada “norma de qualidade ambiental”. Concretamente, os critérios de avaliação e aceitação da qualidade da água respeitam um conjunto de valores e parâmetros microbiológicos e físico-químicos que estão fixados no DL n.º 306/2007. Ai são definidos parâmetros *conservativos, indicadores e obrigatórios*, valores paramétricos *máximos e mínimos*, bem como *métodos analíticos de referência e limites de detecção* na análise das águas, estabelecendo ainda as características a que deve obedecer um *ponto de amostragem*. Muito embora já existissem normas, critérios e objectivos para a qualidade da água em função dos seus principais usos (DL n.º 236/98), a legislação mais recente tem mais detalhe e, ao introduzir o conceito de *monitorização*, prevê um conjunto de procedimentos com aplicação alargada, em que o EMA se pode enquadrar, assumindo os valores indicados como termo de referência.

No que respeita à gestão de resíduos, existe legislação específica para explorações de depósitos minerais e de massas minerais (DL n.º 10/2010). Nesta, estabelece-se terminologia que convencionalmente admitia uma ampla significação e que assim passa a ter definição uniforme, tal como “escombreira”, “rejeitados”, “resíduos inertes”, “lixiviado”, “poluição”, “tratamento”. Ao nível do EMA, os termos não têm uma aplicação funcional, mas podem auxiliar a descrição, compatibilizando procedimentos e resultados ao nível do planeamento territorial.

Instrumentos como Estudo de Impacte Ambiental (EIA) e Avaliação do Impacte Ambiental (AIA) (DL n.º 69/2000) são considerados preventivos na promoção da qualidade do ambiente (já assim consideradas desde a Lei n.º 11/87) e do ordenamento do território para o desenvolvimento e gestão equilibrada dos recursos naturais. No EMA, os mecanismos de AIA apenas podem ser accionados por uma entidade central que tutela a reabilitação ambiental de todas as áreas mineiras degradadas no país (DL n.º 198A/2001), destacando-se das considerações gerais na implementação de EIA.

### *Da requalificação mineira*

Em Portugal, na última década, as acções dirigidas à reabilitação de EMa tiveram principal incidência na requalificação ambiental, com atenuação/anulação de riscos que punham em causa a segurança das populações. Os impactes ambientais com grande expressão local, ou passivos não ressarcidos e em progressiva degradação, são do domínio de intervenção exclusiva da entidade pública designada Empresa de Desenvolvimento Mineiro (EDM), cujo exercício da actividade está regulamentado no DL n.º 198A/2001. A sua actuação tem sido essencialmente de reparação e mitigação ambiental e abrange o designado “legado mineiro português”. No seu exercício não intervêm de forma interactiva ou decisória os órgãos de administração local, exceptuando alguns casos raros.

A nível internacional, a transição da actividade mineira activa para formas de valorização da arqueologia industrial mineira (após termo de lavra), e dos espaços naturais com ela relacionados, tem sido abordada por um vasto conjunto de organismos e programas, por ordem decrescente de incidência específica: **1)** *Global Mining Initiative* (1999); **2)** *International Council on Mining and Metals* (2001); **3)** *Mining, Minerals and Sustainable Development* (projecto do *International Institute for Environment and Development*, 2000-2002); **4)** Conferência de Estocolmo (1972); **5)** Comissão de *Brundtland* (1987); **6)** Cimeira da Terra (1992); **7)** *World Summit on Sustainable Development* (2002).

Os problemas de gestão ambiental e ordenamento que se colocam aos EMa têm alcançado maior visibilidade, no âmbito do planeamento regional e gestão sustentável do território europeu, através de iniciativas internacionais, como as do grupo de trabalho *Post-Mining Alliance*, cujo paradigma de actuação, em defesa do equilíbrio das comunidades e espaços mineiros após o termo da lavra, é representado pelo projecto de valorização/promoção das minas da Cornualha com o *Eden Project* (IIED, 2000; Van Zyl, 2002).

No caso americano, têm sido desenvolvidos, desde a década de 1960, programas territoriais para o EMa (na terminologia americana *AMLprograms* (abreviando, “abandoned mine land”), com uma linha de procedimentos da responsabilidade do *Bureau of Land Management* (BLM, 1969). A campanha “*Stay Out - Stay Alive*”, lançada em 1999, teve a cooperação de cerca de 70 entidades públicas e privadas, seguindo princípios de mitigação, remediação e conservação mediante programas de cooperação, formação e consultoria, coordenados pelo BLM e o *Forest Service* (BLM, 2006). Os programas territoriais desenvolvidos intervieram aproximadamente sobre 500.000 EMa e, em mais de 14.000 minas em lavra activa, com implicações ambientais no domínio de intervenção do BLM (BLM, 2007).

A Comunidade Europeia lançou directivas e criou linhas de financiamento específicas para a reabilitação do EMa. Portugal tem usufruído destes apoios na actuação da EDM. Numa fase preliminar, foram inventariadas 175 áreas mineiras (61 de minerais radioactivos, 114 de sulfuretos polimetálicos). Daqueles, 35 locais foram já objecto de intervenção no que respeita à “*segurança, ambiente (água, solo e ar), património, aspectos humanos e paisagem*” (Rodrigues, 2011). Os espaços mineiros atendidos foram os que evidenciavam maior depreciação da qualidade ambiental, muito embora a caracterização no território português, em fase prévia, tenha sido exaustiva e detalhada noutros domínios de intervenção, como património e revisão económica (Matos *et al.*, 1999; Oliveira *et al.*, 2000; Matos e Rosa, 2001; Oliveira *et al.*, 2002).

Para a área de estudo em causa são vastos os trabalhos de investigação que incidem e excedem os perímetros mineiros. Apresenta-se uma revisão sumária do estado da arte dedicado à área de estudo para os domínios que se contemplam neste estudo.

### I.3. INVESTIGAÇÕES DE REFERÊNCIA DEDICADAS À ÁREA DE ESTUDO

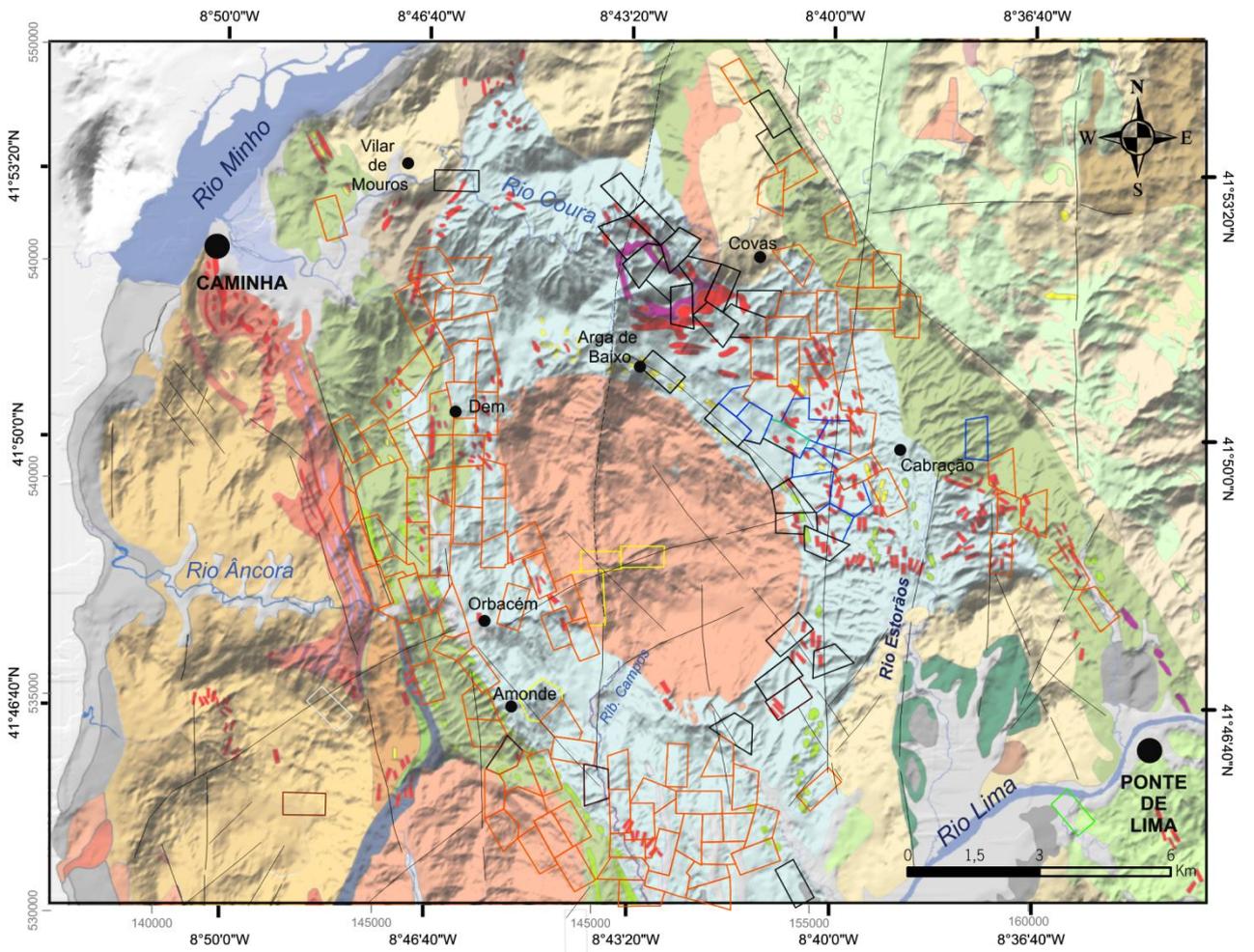
Ao Território em estudo corresponde um conjunto de trabalhos de investigação que o tornam um objecto bem referenciado no que respeita ao conhecimento geológico e dos recursos base, ao património intrínseco e às formas de impacte ambiental em EMa.

Estudos de geologia regional, petrologia e análise estrutural atribuem-se a **Teixeira e Assunção (1961)**; **Teixeira et al. (1972)**; **Dias e Boullier (1985)**, **Dias (1987)**, **Leal Gomes (1986, 1986a)**, **Ferreira et al. (1987)**, **Pereira et al. (1989)**; **Leal Gomes (1994)**, **Leal Gomes e Gaspar (1992)**, **Leal Gomes et al. (1997, 2008)**, **Dias (2012)**. Nestes trabalhos incluem-se bases cartográficas úteis na aproximação geológica adoptada para o presente estudo, apresentada na Erro! A origem da eferência não foi encontrada..

Estudos de mineralogia e análise paragenética de depósitos minerais de tipo aplito-pegmatítico e pegmatóides hiperalfuminosos encontram-se já em **Cotelo Neiva (1944)**, com maior desenvolvimento em **Leal Gomes (1991, 1995, 1999, 1999a, 2003, 2010)** e **Leal Gomes e Lopes Nunes (1990, 2003)**, **Leal Gomes et al. (2005, 2009)**, **Dias (2012)**. Estudos em depósitos minerais associados a cisalhamentos pós-pegmatóides foram desenvolvidos por **Cotelo Neiva e Chorot (1945)**, **Gomes e Gaspar (1991, 1995)**, **Leal Gomes et al. (2011)**. Sobre depósitos em metassedimentos com afinidade vulcanogénica e mineralização do tipo skarn podem referir-se os estudos de **Bayer (1968)**, **Conde et al. (1971)**, **Rocha Gomes e Alvoeiro de Almeida (1971)**, **Bronkhorst e Farinha (1979)**, **Pinto (1979, 1984)**, **Coelho et al. (1985)**, **Coelho (1993)**, **Dias e Leal Gomes (2007, 2010d)**, **Leal Gomes et al. (2011b)** e **Dias (2012)**.

Outros trabalhos têm sido dirigidos especificamente ao inventário e caracterização dos objectos geológicos de importância patrimonial (**Leal Gomes, 1996**; **Lima, 1996**). Também se dedicou atenção aos protocolos de ordenamento territorial, incluindo formas possíveis de valorização dos EMa e depósitos subaproveitados (**Leal Gomes, 1992**; **Leal Gomes et al., 1995**, **Lima e Leal Gomes, 1999**).

**Lima (1996)** produziu um extenso inventário de locais de interesse geológico, onde indica minas abandonadas relevantes no âmbito da arqueologia mineira. Nessa linha de investigação abordam-se entidades regionais designadas por locais de interesse geológico (LIG's) e áreas de interesse geológico (AIG's). Este trabalho e os de **Lima et al. (1998, 1998a, 1999)** constituem as primeiras referências à diversidade e ao valor do património geológico e arqueológico-mineiro do Alto Minho. **Leal Gomes (1996)** e **Lima et al. (1998)** propõem o usufruto sustentável dos locais mineiros, considerando a dicotomia: a preservação da peculiaridade dos pólos de interesse geológico-arqueológico, e a potencialidade económica primária - com apelo ao envolvimento das populações locais. Relativamente a este último, **Alves et al. (2010a, 2010b)** apresentam-se formas de promoção/divulgação da tradição mineira da Serra D'Arga.



**LEGENDA**

**PLIOCÊNICO A QUATERNÁRIO**

- Aluviões e Depósitos de vertente
- Depósitos de dunas e praias
- Depósitos fluviais e lacustres cobertos ou não por solifluxão

**FORMAÇÕES DO COMPLEXO XISTO-GRAUVÁQUICO E DO ORDOVÍCIO**

- Formação de Barrocas: conglomerado poligénico quartzo-pelítico
- Formação de Cortelhas: alternância de filitos carbonosos e siltitos
- Formação de Pedras Ruivas: quartzitos e xistos cinzentos | metaconglomerado silicioso e com óxidos de Fe
- Formação de Rio Tinto: xistos carbonosos, siltíticos (a ferruginizados)
- Formação de Sobrido: pelitos, psamiticos e arenitos impuros, xistos carbonosos | quartzitos

**FORMAÇÕES PARAUTÓCTONES E ALOCTONES DO SILÚRICO**

**Terrenos Poligénicos**

- Formação de Vilar de Mouros: metagrauauques impuros
- Formações da Unidade Minho Central e Ocidental a W do desligamento de Vigo-Régua: formações psamopelíticas metamorizadas - micaxistos com intercalações de xistos negros, quartzitos, quartzitos negros, lilitos e turmalinitos
- Formações da Unidade Minho Central e Ocidental a E do desligamento de Vigo-Régua: formações psamopelíticas metamorizadas - micaxistos com intercalações de ampelitos, quartzitos e lilitos com menor transposição da xistosidade em D3 Varisca
- Rochas heterogénias de aspecto migmatítico
- Formações do Domo de Covas - formações psamopelíticas poligénicas: micaxistos com intercalações de quartzofilitos, xistos negros, xistos negros, lilitos, litologias psamíticas exóticas de afinidade vulcanogénica-exalativa e seus produtos de evolução metamassomática
- Rochas de afinidade metavulcanossedimentar-exalativa da Cerdeirinha: quartzofilitos heterogéneos turmalínicos, turmalinitos, produtos de evolução metamórfica de vulcanitos polimodais, bandadas maciças hiperferríferas, sulfuretos maciços e bandados, rochas calcossilicatadas, metacarbonatadas e grossularitos

**ROCHAS GRANITOIDES**

- Granitos porfíroides sin a tardi-tectónicos relativamente a D3 e precoces em D3 (Paredes de Coura) ( $\gamma_3$ ) ( $\gamma_3'$ )
- Granitos de duas micas sin a tardi tectónicos relativamente a D3 - Aitóctones (Arga) ( $\gamma_3$ ) (Covas, Vila Nova de Cerveira, Sto Ovideo) ( $\gamma_3$ )
- Granitos de duas micas e granodioritos sin-tectónicos relativamente a D3 - Subautóctones a Autoctones (Moledo, Cobertorinho) ( $\gamma_3$ ) (Bertiandos) ( $\gamma_{3a}$ )
- Granitos de duas micas sin-tectónicos relativamente a D2 - Subautóctones (Taião) ( $\gamma_2$ )
- Granitos precoces Ordovícicos (?)
- Ortoanais da Gandra e de Picoto de Penices ( $\gamma_{2z}$ )

**ROCHAS FILONEANAS**

- Filões e corpos apilito-pegmatíticos
- Filões de quartzo
- Pórfiro microdiorítico quartzífero

**CONCESSÕES MINEIRAS**  
**Substâncias exploradas**

Sn Au	Sn	Ti
W	Sn(Ta)	Fe
W Sn	Ta Nb/Au	Qz+Feld

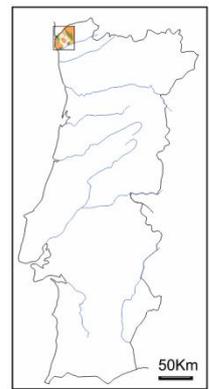
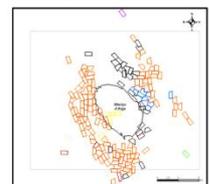


Figura I. 3. Mapa geológico e antigas áreas de concessão mineira da região da Serra d'Arga. Os limites respeitam à cartografia militar, folhas 6, 7, 14 e 15. A área em estudo abrange um enquadramento mais alargado a N e S, conforme se apresenta na Figura I.2. Cartografia geológica de base, extraída de Dias e Leal Gomes (2013).

Em **Alves (2007)** as componentes de qualificação territorial – potencialidade e património - são ainda relacionadas com a componente de diagnóstico ambiental, sobre uma selecção de espaços mineiros abandonados que representam extremos de diversidade na Região da Serra d'Arga: Castelhão, Valdarcas e Balouca. Em **Vilaverde (2004)** e **Lima (2006)** apresentavam-se já estratégias de valorização sustentável estes EMA, com incidência na componente patrimonial das ocorrências geológicas e vestígios mineiros.

Apresentam-se em **Valente (1996; 2004)** compilações de dados sobre o impacte ambiental gerado pela drenagem ácida em diversas infra-estruturas mineiras. **Valente e Leal Gomes (2005)** reconhecem indicadores do estado e das condições de drenagem ácida em minas abandonadas e cursos de água afectos. **Valente et al. (2007)** propõem a utilização integrada de indicadores ecológicos na avaliação do impacte ambiental nos sistemas naturais afectados.

São descritos ambientes de neoformação mineralógica e paragénese associadas a escombrelas de depósitos distintos em **Valente, Leal Gomes e Gaspar (1997)**, **Valente e Leal Gomes (1997, 1999, 1999a)**, **Alves et al. (2010)**. Em **Valente e Leal Gomes (2001)** e **Alves et al. (2012)** são comparados efluentes mineiros em sistemas parageneticamente diferenciados. **Alves et al. (2011)** salientam a importância da composição mineralógica do substrato detrítico/precipitado, na fracção < 20µm, para o reconhecimento de fenómenos de (re)mobilização metálica em sistemas afectados por efluentes de drenagem ácida.

Do ponto de vista metodológico, **Valente et al. (2011)** referem a instabilidade e evolução de precipitados ocres decorrentes de drenagem ácida de mina, sob condições e controlo laboratorial. **Lobrinhas (2011)** testou métodos de preservação e procedimento de colheita de amostras, onde refere a influência importante da carga coloidal.

**Oliveira et al. (2010)** e **Oliveira (2011)** descrevem condições de drenagem ácida natural, decorrente de litologias silúricas com paragénese sulfuretada descritas por **Dias e Leal Gomes (2007)** e **Leal Gomes et al. (2011b)**, promotoras de fenómenos naturais de contaminação metálica, em ambientes de evolução supergénica.

Foi proposta uma tipologia do impacte ambiental associado à actividade extractiva no Minho, analisando o estado da reabilitação de alguns EMA (**Valente e Leal Gomes, 1998, 2001**). **Valente et al. (1998; 2001b)** realçam a relação entre reabilitação da qualidade ambiental e a gestão de recursos minerais. O mesmo tema, com incidência territorial em ambiente protegido, foi tratado em **Valente et al. (2000)** - Mina dos Carris, no Parque Nacional Peneda-Gerês.

**Alves (2007)** discute formas de valorização e promoção territorial de EMA, propondo um modelo dicotómico na qualificação de recursos (sujeitos a exploração) e património intrínseco (sujeito a preservação). Em **Fernandes et al. (2010)** são enumerados fulcros de interesse geológico no Vale do Rio Estorãos susceptíveis de apresentarem valor potencial (mineiro) e/ou patrimonial, identificando-se os principais bloqueios à valorização dessas ocorrências.

Na perspectiva da valorização territorial, os estudos enumerados servem de referência, tanto em termos metodológicos, como fenomenológicos, à proposta de gestão integrada de EMA, concretizada num descritor geológico e mineiro.

#### I.4. DESCRITOR GEOLÓGICO E MINEIRO – CLARIFICAÇÃO DE CONCEITOS

A delimitação de critérios temporais e espaciais ao nível do EMa é complexa. Geologicamente, a delimitação espacial é sempre função do Tempo geológico. Por seu turno, a administração territorial mineira, no formato iniciado pelo Decreto de 25 de Novembro de 1836, indexou áreas de concessão que foram sendo alvo de aproveitamento, de forma irregular, ao longo do séc. XX.

O EMa representa, antes de mais, o testemunho de uma anomalia geoquímica ou fenómeno metalogénico representado por um depósito mineral explorado. A cronologia de um fenómeno concentrador, ou a definição de uma estrutura que aprisionou determinada remobilização metálica, podem ser explicados pelo descritor geológico que permite circunscrever espacialmente a ocorrência.

A compilação dos dois níveis de informação – geológica e mineira – permite o estabelecimento de uma matriz espacial, representada pelos índices mineiros passados – as áreas de concessão - revistos segundo os critérios: **1)** recursos minerais remanescentes ou não equacionados no passado, **2)** património geomineiro qualificável nas vertentes natural e/ou cultural e **3)** persistência de passivos ambientais, com origem atribuída à actividade extractiva passada.

O descritor geológico, inclui conceitos-base alargados com âmbitos de aplicação, como é o caso de: *jazigo*, *depósito* e *índice* ou *ocorrência*. Importa clarificar o sentido que se adoptou para cada um destes termos e outros, utilizados nas mesmas circunstâncias, como: na organização espacial, na qualificação dos recursos, ao nível da prospecção integrada e na compreensão da potencialidade de um EMa, e ainda no reconhecimento de ambientes geológicos atribuíveis a um depósito mineral.

O termo *jazigo* refere o espaço em que se unifica uma concentração mineral, economicamente rendível, em função de factores económicos e políticos, além dos estritamente geológicos e mineiros (associados aos métodos de preparação, traçagem, extracção, transporte e tratamento do *tout-venant* e acondicionamento dos resíduos, considerando-se ainda o dispêndio energético, o equipamento e os recursos humanos). *Depósito* é uma concentração anómala de uma substância útil, num corpo, ou nível litológico ou estrutura portadora, podendo a sua exploração ser ou não rentável. Este será o conceito adoptado na designação dos objectos de concessão mineira estudados na Região Mineira de Arga (RMArga), muito embora, no passado, tenham sido qualificados como jazigos minerais. É ainda recorrente o termo *índice* ou *ocorrência*, quando se refere determinada mineralização passível, ou não, de valorização económica. Passa a designar-se por índice mineiro qualquer mineralização em substâncias úteis, respeitante ou não a um EMa.

Para além das definições mais generalizadas, foi estabelecida uma terminologia que apoia a organização dos elementos em estudo em diferentes escalas de apreciação.

##### *Da organização espacial*

Um *depósito* mineral possui andamento ou continuidade espacial, padrão de mineralização específico ou irregular e dimensões variáveis dos centímetros ao quilómetro. Neste estudo, o depósito está sempre relacionado com uma mineralização-útil que foi alvo de exploração, ao qual se associam os termos: *minério*, *minério-bruto* (ou *tout-venant*) e *teor*.

As designações *tonelagem* e *teor de corte* remetem para raciocínios de *rentabilidade/viabilidade* de um empreendimento mineiro. Especialmente, um *corpo ou nível mineralizado materializa o depósito* e, funcionalmente, uma *unidade produtiva* – que corresponde à *mina*. Esta pode ter sido demarcada inicialmente como registo de descoberta (fase preliminar de pesquisa, prevista nos quadros legais anteriores ao DL n.º 90/90 e/ou área de concessão mineira.

No território em apreço é difícil quantificar quantos foram os corpos ou níveis mineralizados sobre os quais incidiram lavras mineiras, contudo, o número de concessões atribuídas é conhecido e está indexado (Melo Nogueira *et al.*, 1962; Thadeu, 1965; SIORMINP, s/d). Em número, incluem todas as concessões formalizadas em Diário do Governo com demarcação espacial e apresentação de um Plano de Lavra, e com reconhecimento por parte dos órgãos de fiscalização (Circunscrição Mineira do Norte - CMNorte). No presente estudo foram contabilizadas cerca de 170 concessões na região da serra de Arga, entre as quais 130 terão sido dedicadas a depósitos filonianos.

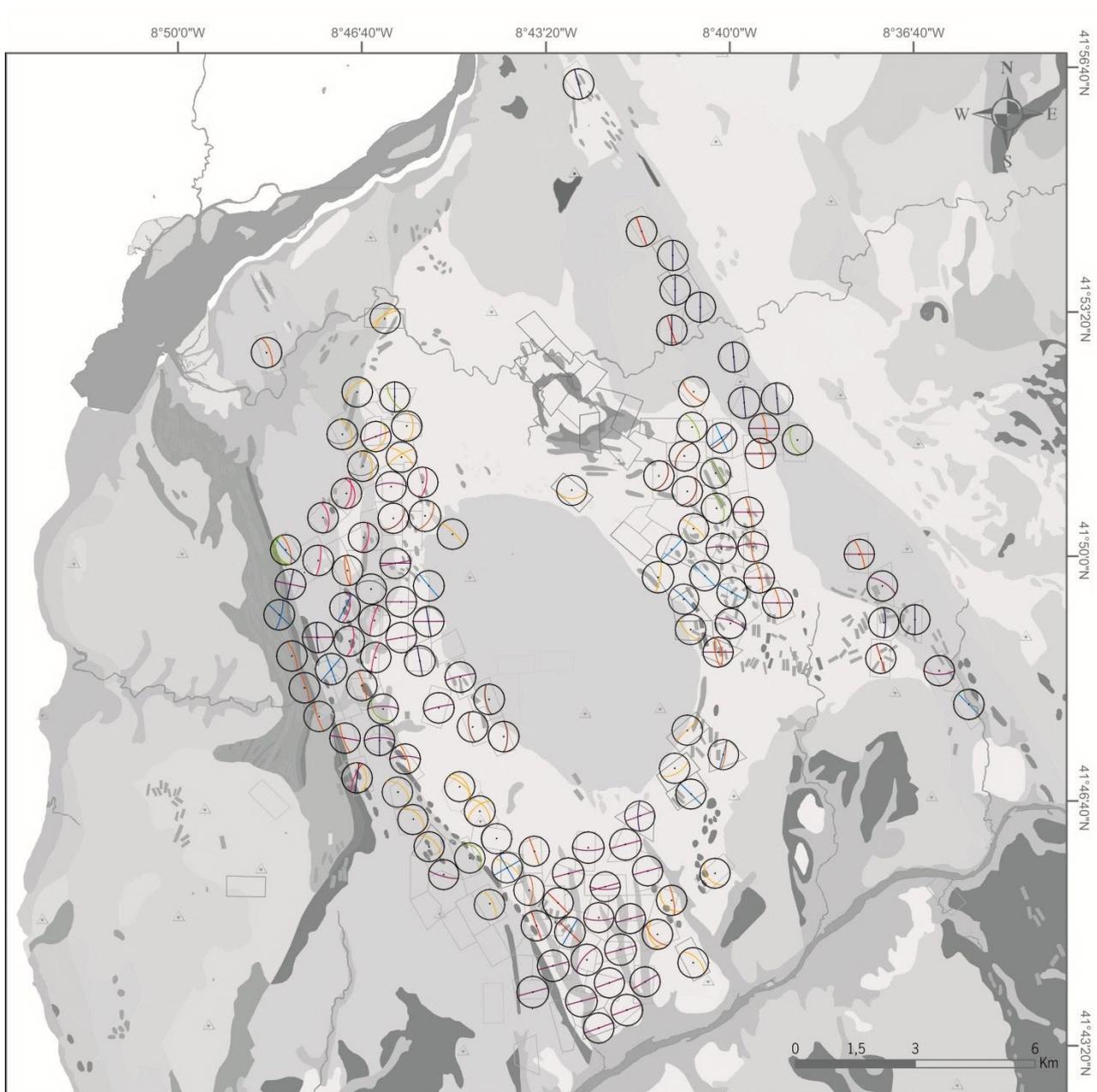
Pela consulta dos Planos de Lavra e Relatórios de Reconhecimento Mineiro foram obtidas as atitudes dos filões declarados à CMNorte e que foram objecto de exploração (a metodologia de levantamento documental apresenta-se detalhadamente no Capítulo II). A **Figura I.4** ilustra a sua distribuição na área de estudo.

Os corpos filonianos explorados, bem como os índices que foram alvo de pesquisas, terão sido em número muito superior relativamente aos que se dá conta (na **Figura I.4** apresentam-se cerca de 180 filões explorados). Um indicador mais representativo seria o número de registos mineiros (ou manifesto de descoberta, exigido desde a legislação regulamentar de 1852, prevalecendo na **Lei n.º 677 de 1917**, no **DL n.º 18713 de 1930**, posteriormente abolido pelo **DL n.º 90/90**). Os registos, arquivados nas Sedes de Município, não foram inventariados, muito embora se reconheça o interesse e proficiência deste elemento de estudo na qualificação do EMa. Neste campo de investigação é de destacar o trabalho de **Leal da Silva (2011)**.

A organização territorial do EMa atendeu à tipologia dos espaços e às características regionais evidenciadas pelos seus depósitos. Tratando-se de depósitos com o mesmo enquadramento estrutural e metalogenético, relacionados com um mesmo evento ou entidade geradora, espacialmente próximos ou mesmo contíguos, a expressão territorial adoptada é *campo mineiro*. Este pode coincidir com os limites de demarcação de um *couto mineiro*, ou pode excedê-lo, na medida em que não cumpre determinações geográficas, jurídicas, administrativas e fiscais.

No presente estudo delimitaram-se 14 campos mineiros, ilustrados na **Figura I.5**, que se designaram de forma abreviada por: Serra de Covas (C1), Lousado (C2), Cabração (C3), Formigoso (C4), Junqueira (C5), Argas (C6), Sta. Justa (C7), Vila Mou (C8), Agueira (C9), Vale do Âncora (C10), Traz Âncora (C11), Gondar (C12), Dem (C13) e Valdarcas (C14).

Os coutos mineiros correspondentes, estabelecidos desde a **Lei n.º 677, de 1917**, eram: Couto Mineiro de Dem (CM n.º 6); Couto Mineiro de Gondar (CM n.º 24); Couto Mineiro de Traz-Ancora (CM n.º 30); Couto Mineiro da Agueira (CM n.º 51); Couto Mineiro de Valdarcas (CM n.º 58). Não integra a lista o Couto do Vale do Âncora que, apesar de ter sido designado e pedido, não chegou a verificar delimitação definitiva e daí não constar no cadastro.



**Figura I.4.** Distribuição dos estereogramas relativos aos corpos filonianos explorados na região da Serra d'Arga. O centro de cada estereograma coincide com o da área de concessão onde foi descrita a ocorrência (Planos de Lavra da empresa petionária e Relatórios de Reconhecimento da entidade fiscalizadora). As cores dos planos projectados são abordadas no **Capítulo IV.4**.

Determinados campos mineiros, ou conjuntos de campos mineiros, acompanham a orientação de estruturas geológicas com maior desenvolvimento regional. Convencionalmente, a demarcação definitiva de áreas mineiras respeitava as orientações dos principais corpos filonianos mineralizados, sendo a regra o eixo maior da concessão corresponder à direcção do depósito (Thadeu, 1965). Daí que, na área de estudo, e após exame das principais estruturas regionais, se considerasse importante distinguir *faixas mineiras*. Estas compreendem depósitos com especialização metálica e afinidade genética e relacionam-se com lineamentos macro-escalares estruturantes da sua distribuição espacial.

Com esta conotação estrutural, admitiram-se 7 faixas, ilustradas na **Figura I.5**, a saber: Serra de Covas-Lousado-Formigoso (**F1**); Vilarinho-Cabração-Seixalvo (**F2**); Argas-Cerquido-Santa Justa (**F3**); Dem-Pedrulhos-Espantar (**F4**); Costa

das Minas-Azevedo-Paradela (F5); Alto da Bouça da Breia-Folgadoiro-Campo da Corte (F6) e Amonde-“Verdes”-Corredouras (F7).

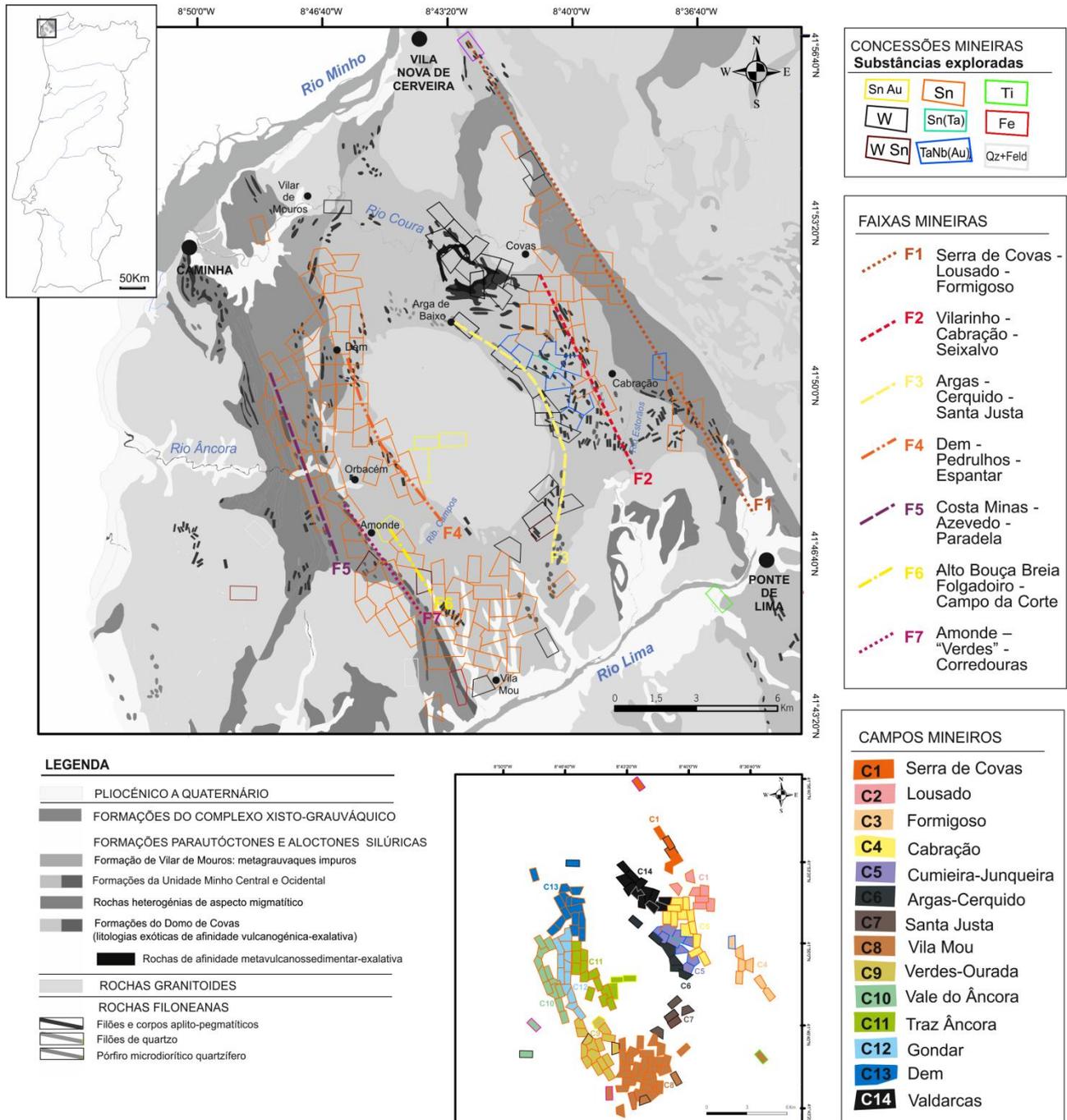


Figura I.5. – Distribuição dos elementos de representação espacial do EMa: Concessões, Campos e Faixas mineiras. Cartografia geológica simplificada extraída de Dias (2012).

Atribui-se a designação de *região mineira* ao conjunto de depósitos metalogicamente diversificados, mas implantados num contexto estrutural ou geotectónico comum. O termo mais abrangente, correspondente à área maior de estudo, é a *Região Mineira d'Arga*, com o acrónimo *RMArga*.

À RMArga atribuem-se depósitos metalogeneticamente muito distintos: os metassomatitos epigénicos após concentrações vulcanogénica-exalativas, os aplito-pegmatitos tardi-Variscos, os hidrotermalitos em zonas de cisalhamento, os “gossans” de alteração oxidativa e *placers*. A especialização metalífera correspondente é muito diversificada: Au-Ag,(Bi, Te), W, (Zn, Pb), Sn, Nb-Ta, Ti e Fe.

Como se pode observar na **Figura I.5**, a RMArga está centrada (espacial e orogenicamente) no maciço granítico d’Arga e é limitada a E pelo desligamento de Romarigães, a W pelo carreamento de Orbacém, a S pelo Rio Lima e a N pelo Rio Coura.

A região mineira é a unidade principal de planeamento e gestão do EMa, tendo por base os campos mineiros e as tipologias geológicas deduzidas no Capítulo IV.

A definição que se adopta neste estudo para o estabelecimento de classes de importância/dimensão de depósitos minerais está sintetizada na Tabela I.1, cuja terminologia é de **Laznicka (2010)**. Os conceitos definidos para a organização territorial do EMa, ilustrados na **Figura I.5**, estão em coerência e compatibilizam-se com a proposta de **Laznicka (2010)** na sua hierarquização e classificação de depósitos minerais, muito embora a escala a que se refere o Autor seja distinta da que aqui se aborda.

**Tabela I.1.** Classes de depósitos minerais e acumulações metálicas e sua equivalência à organização territorial proposta para o EMa.

ORGANIZAÇÃO TERRITORIAL		CLASSES	DESIGNAÇÕES	EXTENSÃO	CARACTERÍSTICAS
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;">Região Mineira</div> <div style="margin-bottom: 10px;">Faixa Mineira</div> <div style="margin-bottom: 10px;">Campo Mineiro</div> <div style="margin-bottom: 10px;">EMa</div> </div>	1	Unidade mineralizada ou secção do depósito mineral	0,1 - 10 m	Unidade interna, ou imediatamente adjacente ao corpo mineral com características produtivas particulares, e elevado interesse económico, tais como um pico de teor ( <i>bonanza</i> ), ou ainda paragénese com diversos minerais úteis.	
	2	Corpo ou nível mineralizado	1 - 100 m	Corpo ou nível (camada ou estrato) individualizado, relativamente contínuo, com mineralização útil reconhecida ao longo da sua extensão.	
	3	Depósito mineral	10 - 1000 m	Equivalente a um corpo ou conjunto de corpos geneticamente relacionados.	
	4	Campo mineralizado	1 - 10 Km	Grupos de depósitos do mesmo tipo genético ou afim, mas igualmente produtivo; ocorrem próximos, mas sem continuidade intrínseca.	
	5	Região ou faixa mineralizada	≅ 10 - 100 Km	Terreno geológico com um ou mais tipos de depósitos de génese relacionada, envolvendo processos de remobilização sequenciais (mesmo património metálico)	
	6	Província mineralizada	≅ 50 - 250 Km	Terreno geológico com definição estrutural comum, com numerosos depósitos com mineralização afim.	

### *Da qualificação dos recursos*

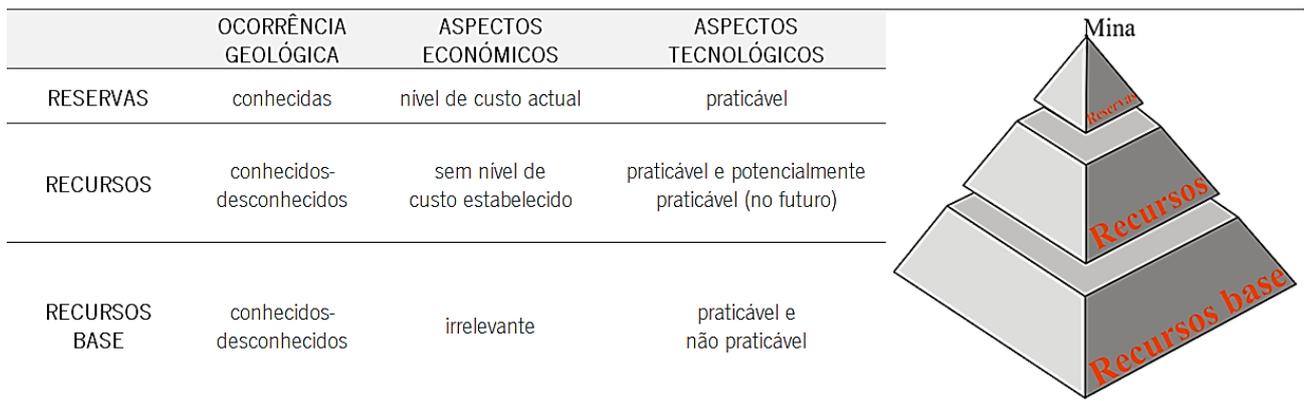
A morfologia, a distribuição, a mineralização, o contexto litológico encaixante são as características principais dos depósitos. O seu estudo beneficia grandemente do acesso facilitado pela actividade extractiva. A síntese de características pode ser convertida em modelos genéticos conceptuais que fornecem pistas para a prospecção e elementos para uma classificação sistemática e tipologia.

O presente estudo, ao analisar o registo documental técnico das concessões mineiras da RMArga, reconhece desenvolvimentos mineiros e estados de aproveitamento muito distintos, e também estados de interpretação geológica muito diferenciados para os diferentes tipos.

Os conceitos de *recursos base*, *recursos potenciais* e *reservas*, são entendidos à luz da pirâmide sistemática de **Mc Divitt (1965)**, representada na **Figura I.6**. A aceção de mina implica o conhecimento de **reservas**, de substâncias de uso corrente, cuja produção seja economicamente praticável, existindo viabilidade tecnológica para a sua extracção ou processamento.

Na adequação ao EMA, a aceção de mina é associada a **recursos explorados**. Recursos explorados, por sua vez, pretendem designar reservas que, até ao presente, constituíram alvos de interesse extractivo, com lavras localizadas – concessionadas ou furtivas – cujas marcas de exploração ainda persistem e dela se possam citar valores aproximados de produção.

O conceito de **reservas potenciais** aplica-se a índices cujas substâncias minerais úteis estejam identificadas, existindo quantitativos estabelecidos para as suas concentrações.



**Figura I.6.** Pirâmide sistemática de recursos para representação de um mineral específico (**Mc Divitt, 1965**).

Os **recursos base** incluem todos os minerais que possam ocorrer numa determinada unidade territorial, desde que possam ser encarados como susceptíveis de concentração industrial. Também incluem concentrações de minerais úteis não quantificadas e de abrangência metalogenética não completamente esclarecida. Os recursos situados na base da pirâmide interessam do ponto de vista da investigação geológica; no entanto, o objectivo pode ser tanto a prospecção e o estabelecimento mineiro, como a classificação e promoção patrimonial.

**Mc Divitt (1965)** situa e representa hierarquicamente os recursos. United States Geological Survey introduziu um quadro de classificação de recursos segundo um esquema idealizado por Mckelvey, mais detalhado, apoiado na correlação entre viabilidade económica e conhecimento geológico (**Rudawsky, 1986**). Nesta, a exploração e a prospecção constituem funções que resolvem as referidas variáveis: certeza geológica e viabilidade económica (**Figura I.7**) Se a *exploração* refere a intervenção mineira propriamente dita, a *prospecção* pode ser entendida segundo duas perspectivas: a) técnica e procedimental, equivalente a detecção, vector de definição de depósitos; b) holística, que compreende, para lá da

detecção propriamente dita, a valorização integral do recurso e planeamento abrangente do seu aproveitamento, função das estratégias de ordenamento territorial. Segundo a perspectiva holística, a prospecção promove o aproveitamento integrado dos recursos após caracterização de todos os recursos base atribuíveis aos depósitos em apreço.

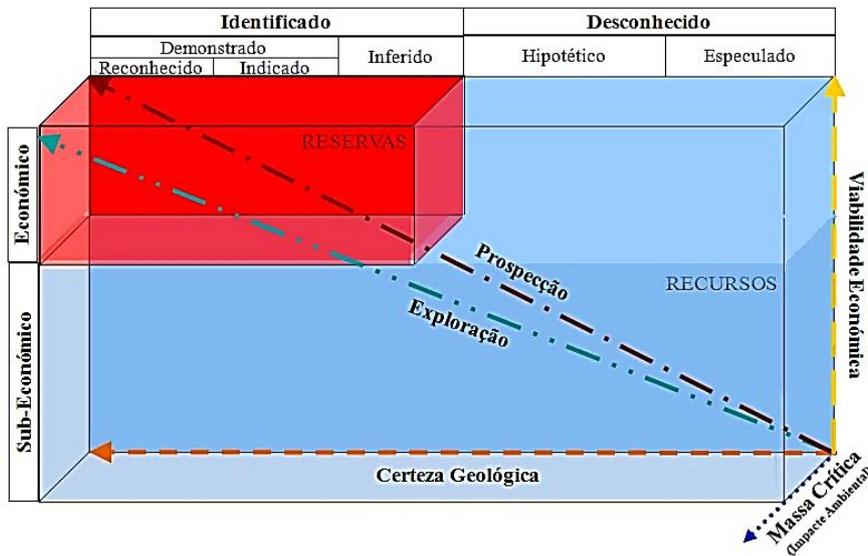


Figura I.7. Diagrama adaptado do Quadro de McKelvey para a qualificação económica dos recursos minerais. Os termos e relações base são ainda hoje usadas pelo USGS, desde que Vincent Ellis McKelvey, como director daquela instituição, os estabeleceu em 1974.

No diagrama da Figura I.7 projecta-se uma terceira variável – a *massa crítica* – que condiciona a passagem do vector prospecção ao vector exploração. A massa crítica é uma variável de carácter social, que considera a favorabilidade ou aceitação/resistência de uma comunidade ao investimento mineiro. Considera-se que o impacte ambiental influencia determinadamente a massa crítica, tanto pela forma de divulgação, como pelo enquadramento legal.

Nesta leitura do diagrama de McKelvey, a correlação positiva das variáveis massa crítica, certeza geológica e viabilidade económica, favorece a exequibilidade do *investimento mineiro*. O vector prospecção pode ser compartimentado em fases, a que corresponde uma evolução do conhecimento geológico, desde o recurso *especulado ou hipotético* às *reservas* propriamente ditas – *inferidas ou demonstradas*. A massa crítica e a viabilidade económica deslocam o vector prospecção no sentido da exploração mineira. Este raciocínio assume especial importância, uma vez que apoia a definição de vários dos atributos invocados na apreciação do EMA.

### *Da prospecção integrada à revisão da potencialidade*

Na definição de um depósito convergem várias operações dirigidas em cada uma das três fases da prospecção mineira: estratégica, tática e pontual. Laznicka (2010) apresenta o papel dos vários métodos de prospecção na descoberta de depósitos minerais importantes (Figura I.8). O Autor reforça a importância da combinação das várias abordagens e técnicas de pesquisa, onde se incluem as investigações nos arquivos técnicos do Estado. Neste trabalho sublinha-se a importância da análise documental nos arquivos técnicos e histórico-mineiros do Estado, visando a melhor integração de dados geológicos de cariz prospectivo, como também no ordenamento do território.

Os depósitos enumerados na Figura I.8 são considerados super-depósitos /depósitos gigantes, entre os quais se posiciona o depósito de Neves Corvo, na Faixa Piritosa Portuguesa. Esta é, actualmente, a mina em produção com valores na ordem das 77 000t (Cu) e 6 000t (Zn), relativos ao ano de 2011 (Martins, 2011).

País	Depósito	Tipo	Descoberta	Descoberta acidental	Pesquisa indiscriminada	Geólogo a martelo	Artigos/Publicações	Arquivo Mineiro Estatal	Modelo Geológico	Geofísica (vários métodos)	Magnética	Gravimétrica	Eléctrica	Radiométrica	Mineralometria	Geoquímica	Sondagens	Trabalhos Mineiros	Análises estruturais	Geotânica
Grécia	Lavrion	Pb,Zn,Ag de remobilização	≈ 800AC	●																
Bolívia	Potosi	Ag,Sn pórfiro/epitermal	1545	●	○													●		
Chile	El Teniente	Cu,Mo pórfiro	1700 s	●	○													●		
Canadá	Sudbury	Ni,Cu de intrusões magmáticas	1856	●	○													●		
Colorado	Climax	Mo em slockwork	1879	●	○													●	●	
China	Bayan Obo	TR,Nb de remobilização	1927	●	○				×	×	×			×			●	●	×	
África Sul	West Wits	Au,U em conglomerados	1934															●		
Polónia	Lubin	Cu,Ag em xistos negros	1950s						●			●						●	×	
Canadá	Elliot Lake	U conglomerados	1953		×	×	×		×									●	×	×
USA	Carlin	Au tipo Carlin*	1961	●	○		●		●			×						●	●	
USA	Viburnum	Pb,Zn tipo MVT*	1960s		○	○	×		●			●						●	●	
Canada	Kidd Creek	Cu,Zn tipo VMS*	1963		×	○	×	×	●	●	●	●						●	●	
Uzbekistão	Muruntau	Au zona de cisalhamento	1960s				×		●				●	●	×			●	●	
Austrália	Weipa	Al em bauxite laterítica	1965				●											●		
Brasil	Carajas	Fe tipo BIF*	1967	●	○							●						●	●	●
USA	Red Dog	Zn,Pb,Ag tipo SEDEX*	1968	●	○				●				●					●	●	●
USA	Henderson	Mo em stockwork	1970s			●	×		●				●					●	×	×
Austrália	Olympic Dam	Fe,Cu,U,Au tipo IOCG*	1975				●	●					●	●		×		●	●	
Portugal	Neves Corvo	Cu, Zn tipo VMS, Sn tardio	1977			●	●	●		●	●	●						●	●	
Austrália	Boddington	Au,Cu intrusivo hidrotermal	1981			●	×		×				×					●	●	×
Chile	Escondida	Cu,Mo pórfiro	1981		×	○	○	×		●			●					●	●	
Canadá	Hemlo	Au,Mo zona de cisalhamento	1981		●	●			●								●	●	●	
Perú	Yanacocha	Au,Ag alta sulfurização	1983															●		
USA	Goldstrike	Au tipo Carlin	1986			●	●		●				●				●	●	●	●

\*Abreviaturas da literatura anglo-saxónica, termos convencionais (tradução livre): **Carlin** - depósitos de Au disseminado em sedimentos carbonatados; **MVT** - depósito do tipo Mississippi-Valley, com sedimentos metalíferos hospedados em carbonatitos; **VMS** - depósitos de sulfuretos maciços vulcanogénicos; **BIF** - depósitos de enriquecimento ferrífero bandado; **SEDEX** - depósitos de sulfuretos maciços sedimentares exalativos; **IOGS** - depósito de óxidos de Fe, Cu e Au de intrusão hidrotermal.

Figura I.8. Matriz sinóptica de vários métodos de prospecção na descoberta de depósitos minerais (adaptado de Laznicka, 2010). Qualificação do método: u decisivo, O revelador, % resultados pouco animadores, 1 resultados muito pouco animadores

Os depósitos minerais são limitados e os recursos que deles advêm são finitos e não renováveis. No entanto, o que se vem verificando é o inverso da tendência matematicamente mais plausível – segundo a hipótese malthusiana. Thomas Malthus defendia que, à medida que o aumento da população tornava a Terra mais escassa, o aumento do preço dos alimentos estrangulava o crescimento económico e populacional, dando origem a um estado estacionário ou colapso.

Contrariamente a esta previsão, o preço real dos recursos diminuíram e a sua produção, ao nível mundial aumentou. A ênfase que se colocou nos recursos, como factor crítico, foi suplantada pela capacidade do progresso técnico e pela acumulação de capital na expansão da produção, desde a Revolução Industrial até aos anos 70. Segundo vários Autores pode falar-se em “aumento” dos recursos numa perspectiva económica, pelos mecanismos tecnológicos que promovem a redução das taxas de consumo e a sua utilização mais eficiente nas várias aplicações (Baumol e Blackman, 2001). Outros exemplos que justificam o “aumento” de reservas de um recurso natural são: 1) a redução do volume de resíduos da extracção ou processamento, com vista ao aproveitamento integral dos sub-produtos (produção integrada); 2) a capacidade de substituição pelo menos parcial para quase todos os recursos (via inovação tecnológica); 3) a reciclagem, como fonte não despiciante na obtenção de matérias-primas industriais. Nessa medida, a revisão da potencialidade de um

depósito é uma prática a implementar sobre todos os depósitos sub-económicos (definição de Mckelvey, **Figura I.7**).- classe em que se encontram os depósitos num EMA.

Na acepção de **Rudawsky (1984)**, um recurso pode ser valorizado porque os avanços tecnológicos permitem a habilitação de um depósito mineral. Ou então, em contextos além do extractivo, a promoção cultural ou turística pode ser equacionada.

Recentemente, a nível da “*Iniciativa Matérias-Primas da União Europeia*” (**ECEI,2010**), foi definido o termo *matérias-primas críticas*. Constituem matérias que suscitam riscos acrescidos ao desenvolvimento económico-social e tecnológico, caso se verifique uma redução do aprovisionamento, um risco significativamente maior que o verificado com matérias-primas em geral. Os riscos incluem: 1) o abastecimento, que depende da estabilidade político-económica dos países produtores, do potencial para a substituição das matérias-primas e da taxa de reciclagem; 2) o ambiente, que reflecte preocupações sobre desempenho ambiental de um país produtor, condicionando, por exemplo, o fornecimento à EU, face a moratórias estabelecidas neste espaço económico.

As *matérias-primas críticas* identificadas neste âmbito (**ECEI, 2010**) foram: antimónio, berílio, cobalto, gálio, germânio, grafite, índio, magnésio, nióbio, metais do grupo da platina, Terras Raras, tântalo, tungsténio e ainda a fluorite. Entre as estratégias apresentadas para a *União Europeia*, salienta-se a “promoção de investigação no tratamento mineral, extracção de antigas jazidas e extracção mineral em profundidade” (**ECEI,2010**).

No que respeita a substâncias exploradas na RMArga, algumas incluem-se no quadro das *matérias-primas críticas*. No seu conjunto, são apresentadas na **Tabela I.2**, a par das suas aplicações e momentos em que se introduziram na indústria. Os valores referidos a partir do **USGS (2012)**, mostram para o intervalo de 2007 a 2011 uma generalizada tendência de valorização, acompanhando os movimentos de investimento e retoma mineira.

**Tabela I.2.** Substâncias exploradas na RMArga e principais aplicações e introdução industrial, segundo **Laznika (2010)**

SUBSTÂNCIA	INÍCIO DO EMPREGO INDUSTRIAL	PRINCIPAIS APLICAÇÕES NA ACTUALIDADE	VALOR DO METAL (USGS, 2012)	
			(2007)	(2011)
Ferro (Fe)	Desde a Idade do Ferro	Metalurgia em geral, construção civil, transporte	<b>59,64</b> US\$/t	<b>120</b> US\$/t
Ouro (Au)	Desde a pré-história	Ourivesaria, investimento, electrónica, ligas	<b>699</b> US\$/oz'	<b>1 600</b> US\$/oz
Prata (Ag)	Desde a antiguidade	Ligas, electrónica	<b>13,41</b> US\$/ozt''	<b>34,50</b> US\$/ozt
Estanho (Sn)	Desde a Idade do Bronze	Revestimento, soldas, ligas	<b>14 528</b> US\$/t	<b>25 353</b> US\$/t
Titânio (Ti)	1890s	Ligas, aços	<b>80</b> US\$/t*	<b>200</b> US\$/t*
Arsénio (As)	1800s	Conservação da madeira, químicos, toxinas	<b>507</b> US\$/t**	<b>441</b> US\$/t**
Tungsténio (W)	1850s	Aços, ligas, ferramentas, lâmpadas	<b>189</b> US\$/MTU	<b>250</b> US\$/MTU
Lítio (Li)	1890s	Cerâmica, ligas leves, baterias e químicos	<b>3,45</b> US\$/Kg <sup>a</sup>	<b>3,87</b> US\$/Kg <sup>a</sup>
Nióbio (Nb)	1930s	Micro-condensadores, ligas, aços	<b>21 918</b> US\$/t <sup>aa</sup>	<b>41 000</b> US\$/t <sup>aa</sup>
Tântalo (Ta)	1900s	Micro-condensadores, electrónica, aços,	<b>816</b> US\$/t <sup>o</sup>	<b>2 866</b> US\$/t <sup>o</sup>

oz' – onça (28,34g) | ozt'' – onça troy (31,10g) | \*concentrado de ilmenite (54% TiO<sub>2</sub>) | \*\* As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> | <sup>a</sup> Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> | <sup>aa</sup> Fe-Nióbio | <sup>o</sup>Tantalite (Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

Segundo a tendência actual, na definição e reconhecimento de fontes minerais (não necessariamente depósitos), os alvos de interesse geológico e mineiro são cada vez mais alargados a aspectos estruturantes que se encontram para lá da adequação e dimensões (Figura I.9.A) Assim, materiais geológicos podem ser considerados num quadro alargado de definição de recursos base (e eventuais reservas) (Figura I.9.B). Numa perspectiva geológica, os conceitos de permanência, reciclagem e herança metalogenética, apresentados por Routhier (1983), justificam programas de prospecção aprofundados e a revisão dos possíveis reservatórios e fontes naturais.

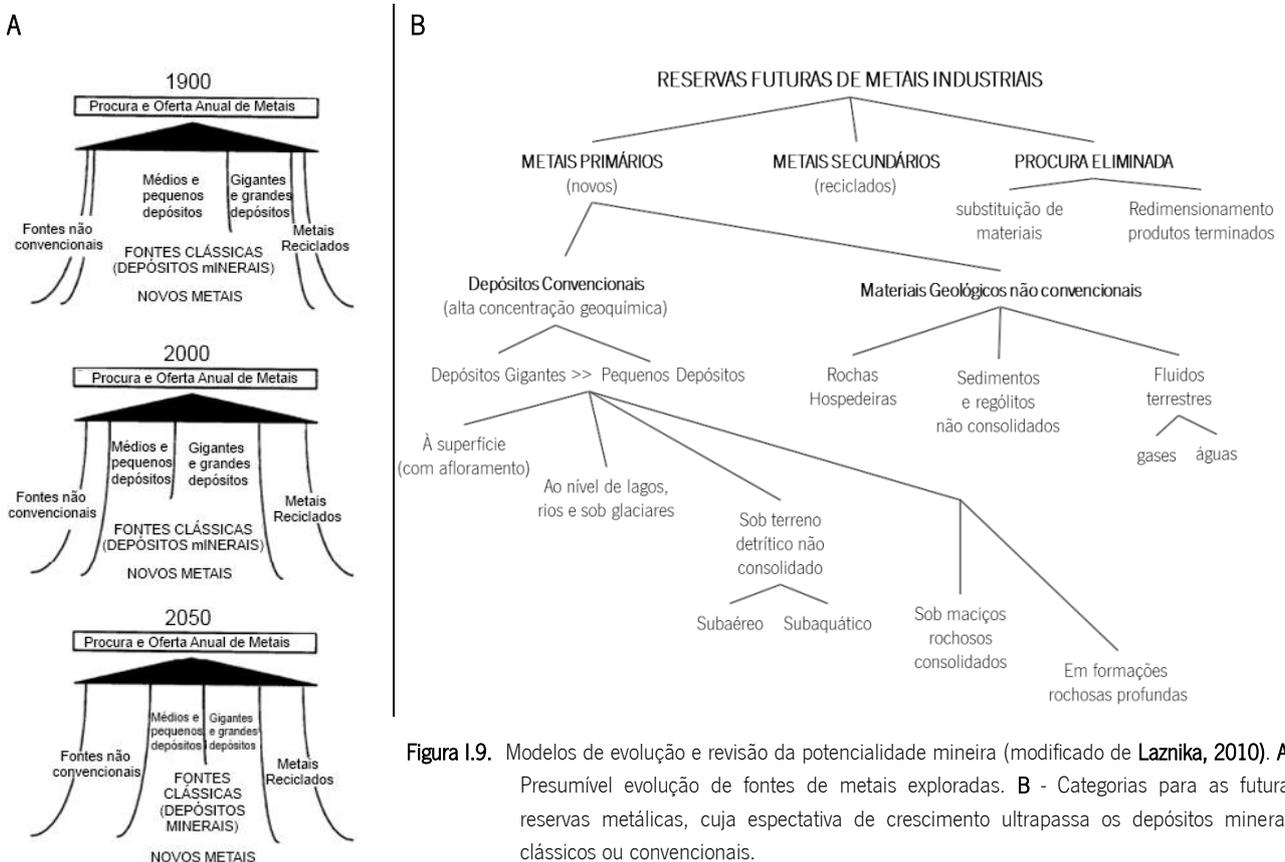


Figura I.9. Modelos de evolução e revisão da potencialidade mineira (modificado de Laznika, 2010). **A** - Presumível evolução de fontes de metais exploradas. **B** - Categorias para as futuras reservas metálicas, cuja expectativa de crescimento ultrapassa os depósitos minerais clássicos ou convencionais.

Ao nível de um EMA, o aproveitamento passado diz respeito a uma primeira fase, ou primeiro ciclo de aproveitamento em que a exploração deixou de ser rendível, sem que se tenha atingido o esgotamento.

A revisão das características materiais remanescentes, a par da investigação de outras substâncias úteis não convencionais, deve ser um procedimento previsto num eventual quadro de planeamento regional para revalorização das jazidas abandonadas. Nessa medida, a prospecção pode dirigir-se para a valorização e ordenamento territorial, com domínios de aplicação e objectivos definidos.

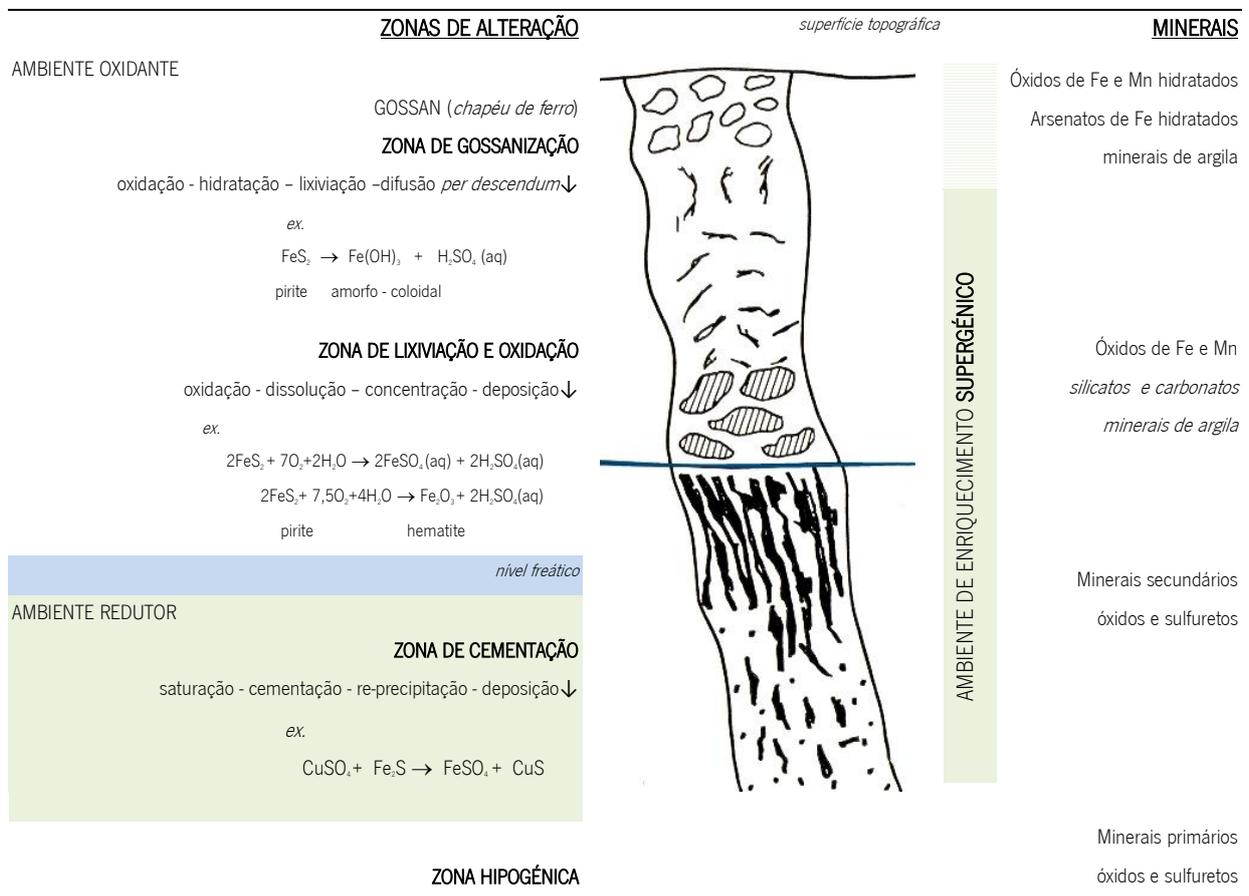
*Da evolução geoambiental em EMA*

O EMA constitui um espaço privilegiado para o estudo e compreensão dos fenómenos de evolução metalogénica. Particularmente, é adequado para a observação de um espectro diversificado de mineralizações supergénicas de neoformação. Neste trabalho, o ambiente supergénico foi aquele que suscitou maior interesse no que respeita à evolução geoambiental ocorrida no EMA.

Os raciocínios correspondentes posicionaram-se entre a compreensão de fenómenos concentradores-fixadores de elementos poluentes e a concentração-acumulação útil de elementos passíveis de recuperação ou indicadores de mineralizações úteis.

Seguindo a linha de clarificação de conceitos que neste momento se pretende apresentar, importa, no contexto de evolução de geoambientes, esclarecer a terminologia aqui adoptada. No que respeita à paragénesis do depósito mineral, podem referir-se as *mineralizações hipogénicas* ou *primárias*, “geradas em profundidade”, a partir de soluções ascendentes ou segregações laterais.

As *mineralizações supergénicas* são aqui entendidas como sub-superficiais e promovidas por fenómenos de alteração / meteorização (**Figura I.10**), a partir de soluções descendentes capazes de lixiviar mineralizações primárias em condições próximas das atmosféricas. Assim, conceptualmente, o *ambiente supergénico* abrange o conjunto de condições promotoras dos *fenómenos de alteração*, na presença de um substrato mineral que suscita a evolução geoquímica.



**Figura I.10.** Secção esquemática de um depósito de sulfuretos, com o padrão típico de um nível superior oxidado (zona de lixiviação) e um nível inferior reduzido, de acumulação de metais, (zona de enriquecimento supergénico). A zona aflorante, de materiais ferruginosos, muitas vezes preservando estruturas cristalinas e hábitos de sulfureto primários designa-se de goossan. A barreira redox é aqui ilustrada pelo nível freático (esquema modificado de **Webb, cit por Robb, 2009**).

Nos diferentes tipos de rocha, a alteração está condicionada à mineralogia, porosidade/permeabilidade (factores intrínsecos), bem como ao contacto com o meio aquoso meteórico ou freático (factores extrínsecos). No caso da meteorização de concentrações de sulfuretos, os processos de alteração em depósitos sub-superficiais podem ser

responsáveis pelo enriquecimento metálico *in situ* (exemplo do Cu, Zn, Ag, e Au), que tende a concentrar-se de forma diferenciada em zonas favoráveis do perfil de alteração dos depósitos primários. Ao longo da amplitude total do perfil, verificam-se fenómenos de oxidação e hidrólise das mineralizações (Figura I.10).

As mineralizações primárias podem ter um carácter contínuo ou intermitente, consoante as condições geotectónicas que acompanharam a sua precipitação. Um caso exemplar expressa-se nas texturas de tipo *crack seal* que indiciam eventos cíclicos de selagem e reabertura de estruturas de cisalhamento, bem representadas na área de estudo da Serra d'Arga. As mineralizações supergénicas podem herdar essas figuras texturais (Augustithis, 1995). Nesses casos, o controlo primário pode transmitir-se à concentração supergénica e distribuição de elementos em zonas bem delimitadas, falando-se assim de assinaturas ou padrões composicionais, indicadores de filiação. Em associações minerais hipogénicas-supergénicas, as segundas reflectem a proveniência da mineralização e o padrão composicional primário. Todavia, os fenómenos de substituição atribuídos à evolução paragenética primária são difíceis de distinguir, quando os padrões de substituição mais impressionantes se atribuem à influência de soluções supergénicas (Augustithis, 1995).

Os principais fenómenos de mobilização metálica, que promovem a colheita/fixação de elementos nas diferentes zonas de alteração são: a oxidação, hidratação, hidrólise, dissolução, lixiviação-difusão, (re)mobilização e (re)precipitação. Na Figura I.10 apresentam-se alguns exemplos de reacções que ocorrem tipicamente numa determinada zona do perfil de alteração proposto.

Nas zonas de lixiviação predominante, os processos de oxidação originam mineralizações secundárias de grande diversidade e complexidade mineralógica. Note-se que a oxidação pode propagar-se em profundidade, podendo persistir até 350m abaixo da superfície (Taylor, cit por Augustithis, 1995).

As reacções químicas associadas aos processos supergénicos – hidrólise /dissolução / acidificação – relacionam-se com a presença de sulfuretos e a lixiviação de metais, especialmente em climas com elevada pluviosidade. Hidrólise e dissolução sendo processos distintos, podem contudo estar encadeados. A acidificação é incrementada pela transição entre hidrólise e dissolução quando os minerais primários são sulfuretos ou fosfatos.

Como pressuposto, a oxidação de sulfuretos na presença de iões de hidrogénio e sulfatos, origina processos geoquímicos que podem culminar no enriquecimento supergénico. O Eh e o pH controlam a evolução mineralógica e a neoformação supergénica. O ácido sulfúrico e os sulfatos férricos atuam como solventes fortes de outros sulfuretos metálicos. A acidez da água de percolação promove, por sua vez, a lixiviação de grande quantidade de metais. A zona de lixiviação, abaixo dos gossans, fica desprovida de catiões e incrementa o carácter lixiviante das soluções ácidas que actuam nas zonas oxidadas (Figura I.10).

As litologias encaixantes com poder de neutralização, ao reagirem com as soluções ácidas, facilitam a reprecipitação dos metais dissolvidos. O Fe é relativamente estável em solução. O H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> associado à oxidação dos sulfuretos permite que metais como o Cu se mantenham em solução, ou precipitem sob a forma de óxidos. Não havendo a neutralização das soluções formados na zona de oxidação, estas migram *per descensum* até ao limite inferior das

unidades supergênicas. Os sulfuretos supergênicos são formados pela reacção dos sulfuretos primários com as soluções oriundas de zonas de oxidação.

A precipitação directa a partir de soluções ácidas, supersaturadas em metais, gera mineralizações raras por exemplo de arsenatos de Pb, Zn, Cu, com a substituição dos minerais primários ou outros que se tenham formado primeiramente (como determinados sulfatos em ambiente menos ácido a neutro). A formação de grande variedade de minerais secundários indica uma remobilização extensiva de elementos e uma grande complexidade geoquímica das condições ambientais (Augustithis, 1995).

As zonas de gossanização ou gossans (Figura I.10), também designados *chapéus-de-ferro*, incluem concentrações maciças de compostos ocre de Fe, em que ocorrem fases principais, como: limonite, lepidocrocite, goethite, hidrohematite, scorodite, geralmente com menos magnetite e martite. Tratam-se, maioritariamente, de hidróxidos de Fe - minerais secundários, neoformados da oxidação de sulfuretos primários (Deb, cit por Augustithis, 1995). A limonite, aqui considerada como uma associação de fases minerais e amorfas, é o constituinte principal do gossan. Assume também maior importância neste estudo por ser de manifestação mais impressiva em amostras de mão e grãos. Blanchard (1968) sugere uma tipologia para limonites que será aqui utilizada, atendendo a um facto determinante – a quantidade de Fe em constituintes afins, mobilizados em climas temperados a partir de suportes litológicos enriquecidos em sulfuretos. Neste estudo, os ambientes reconhecidos em EMa aproximam-se, pelo menos em termos tipológicos, das tendências evolutivas da laterização em climas tropicais (Figura I.11A).

Segundo Blanchard (1968), distinguem-se os seguintes tipos de limonites: 1) indígenas; 2) difusas (na orla das indígenas); 3) exóticas (Figura I.11B). Em gossans, as limonites podem assumir grande diversidade composicional e estrutural, reconhecendo-se ainda sob outras formas de ocorrência ferrífera em ambientes de evolução geoambiental de EMa, em situações similares, mas de amplitude distinta dos ambientes laterítico-tropicais (Figura I.11A).

É prática habitual usar gossans e, mais concretamente as limonites, como guias em prospecção de depósitos com sulfuretos. Neste trabalho estuda-se a eficiência destes e outros produtos de neoformação mineralógica para fins de diagnóstico ambiental e de potencialidade do EMa.

Na formação de gossans, segundo a reacção indicada na Figura I.10, o  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  é um produto amorfo, coloidal ou geliforme. Perante a mineralogia particular reconhecida nas unidades gossanizadas, a granulometria dos minerais neoformados é determinante em reacções como a *absorção* de metais.

Comparativamente com os fenómenos reconhecidos em gossans, sublinhando a importância desta linha de investigação para o estudo do EMa, também em ambiente de escombreira, efluentes ou escorrências, as reacções de *absorção* apresentam-se com especial interesse, muito relacionadas com a mineralogia, paragénese e ambiente hidrogeoquímico. Por exemplo, o aumento do tamanho do grão diminui a sua capacidade de *absorção* metálica específica, ou seja, a sua superfície específica, aqui considerada como superfície disponível para trocas iónicas.

Por *absorção* pode entender-se o aprisionamento de uma substância por outra, sem interacções químicas ou físicas de interface. Este termo é abrangente e inclui os fenómenos de *adsorção* e *quimioadsorção*.

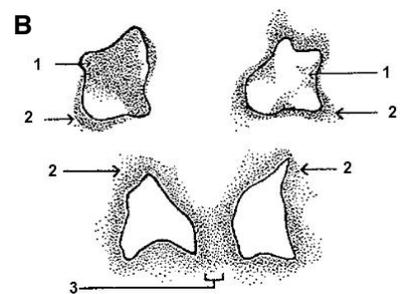
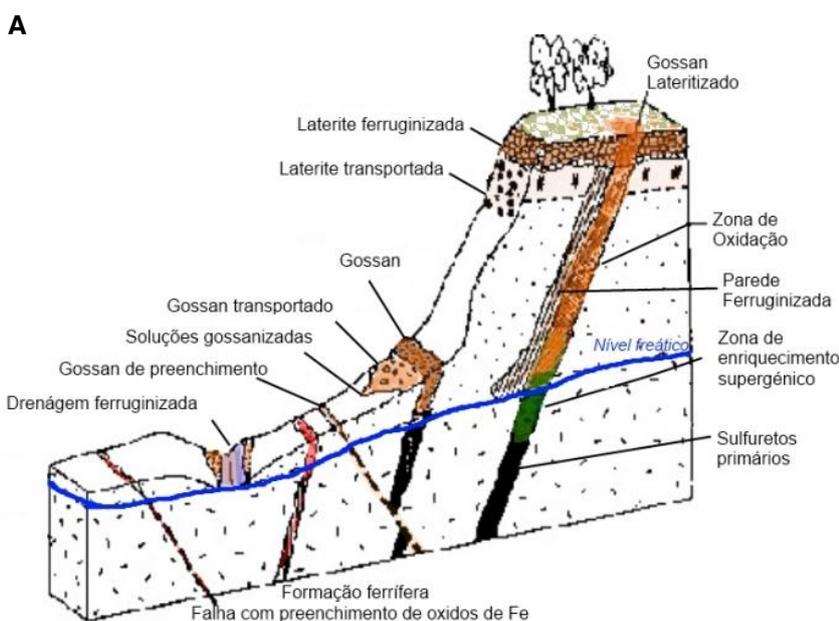
Tem particular importância para o caso em estudo a *adsorção* que ocorre na superfície de um sólido (ou líquido), onde as partículas gasosas ou dissolvidas são acumuladas sem que, necessariamente, ocorra reacção química.

Assim, a *adsorção* pode originar um deslocamento das substâncias ou partículas adsorvidas a partir da superfície do adsorvente por outras substâncias. Esta acção de transferência pode ter como causa: o aumento da força de ligação, a elevada concentração num meio ou a elevada pressão (Lange, 1972).

Os mecanismos de *absorção-adsorção* de um ião dependem do seu estado de hidratação, do raio iónico e da valência. Fenómenos como este são de grande importância, quando se considera a análise da evolução composicional e das propriedades físicas de suspensões ou depósitos coloidais em drenagens ácidas em EMA.

O ambiente supergénico que inclui suportes litológicos enriquecidos em sulfuretos é caracterizado pela circulação ou drenagem de soluções ácidas, que percolam em profundidade ou escorrem superficialmente. Proporcionam-se, desta forma, condições de precipitação/solubilização que variam em função da acidez e do conteúdo metálico das soluções.

Perante os materiais mobilizados em escavações mineiras (acumulados de resíduos, pilhas de *tout-venant*, escavações, volumes de blocos desmontados indiferenciados), as soluções geradas por meteorização são convencionalmente incluídas no conceito de drenagem ácida de mina (DAM), em aproximação ao acrónimo AMD (“acid mine drainage”). O ambiente de drenagem ácida é também, ele próprio, um ambiente de neoformação peculiar.



**Figura 1.11.** Esquema modificado de ambientes de gossanização para climas tropicais. **A** - espectro de ocorrências do tipo gossan a par de outras deposições ferríferas. **B** - Representações de limonites granulares ou pulverulentas neoformadas a partir de sulfuretos disseminados e precipitadas como: 1: indígena, 2: difusa, 3: exótica. (modificado de Blanchard, 1968)

A mobilidade dos diferentes elementos no ambiente superficial, e em condições supergénicas, varia consideravelmente. Reconhece-se, contudo, uma hierarquia de mobilidade:  $Ca > Na > Mg > Si > K > Al = Fe$  (Rood, 2009). Os elementos alcalinos e alcalino-terrosos são tipicamente os mais solúveis. O Al e, em certa medida, o Fe (III) são relativamente imóveis. Brochert (cit por Augustithis, 1995) indica que o Fe (III) é quase insolúvel na presença do oxigénio.

Os minerais de argila estão também presentes nos ambientes de neoformação. Durante os processos de alteração, a combinação de condições geoquímicas e termodinâmicas, ocasiona a formação de minerais de argila segundo uma sequência de reacções relativamente bem definida, que podem ser desencadeadas, por exemplo, por variações

climáticas. A formação de associações de minerais de argila segue um padrão geral. As esmectites tendem a formar-se sob condições áridas a semi-áridas, enquanto as caulinites tendem a formar-se em climas mais húmidos. Esse padrão pode reflectir uma sequência paragenética na formação de minerais de argila: esmectites formadas num primeiro estágio, posteriormente substituídas ou sobrepostas pelas caulinites e vermiculites (Leeder, *cit por* Rood, 2009).

Num extremo de aplicação, as observações sobre o ambiente supergénico podem apoiar a definição de focos de fixação ou dispersão metálica, permitindo caracterizar uma contaminação ambiental. Por outro lado, permitem explicar concentrações anómalas que, eventualmente, podem ter interesse económico.

Alguns elementos traço podem ser indicadores geoquímicos da mineralização útil. De uma maneira geral (Robb, 2009) os óxidos hidratados amorfos adsorvem Pb, Cu, Ag (Zn). Precipitados de hematite e goethite integram metais na sua estrutura cristalina. O Mo e As são adsorvidos por FeO<sub>2</sub> em condições ácidas. Em relação a outros metais (Cu, Zn, Pb, Ag), não formam tão extensivamente enriquecimentos secundários. O Zn é facilmente disperso na água, não chegando a integrar gossans. O Pb tende a ser relativamente imóvel e precipita num espectro alargado de neofomações minerais. Os metais Ag e Cu tendem a comportar-se de forma semelhante, precipitando em ambiente oxidante, mas muito susceptível de mobilização (lixiviação-redeposição) em função da acidez do meio aquoso.

O estudo da distribuição espacial dos elementos químicos fornece um diversificado espectro de soluções para a compreensão do equilíbrio e evolução em ambientes supergénicos. Neste caso, apoiou-se, sobretudo, na compreensão de vectores de dispersão/ fixação metálica a partir (em última análise) de paragéneses primárias.

Os estudos tidos como referência na determinação da distribuição quantitativa de elementos, a partir de portadores litológicos e paragenéticos bem definidos, foram: Taylor e McLennan (1995) - para a Crosta Continental Superior - e Gromet *et al* (1984) - para o North American Shale Composite (NASC), consultados a partir da base de dados Geochemical Earth Reference Model ([earthref.org/GERM](http://earthref.org/GERM)). Utilizaram-se ainda dados geoquímicos de Ferreira (2000) para sedimentos de leito relativos ao Maciço Hespérico. Esses dados reportam-se ao Território português, cuja amostragem se processou em malha de baixa densidade com vista ao reconhecimento de factores de variação regional.

## I.5. CRITÉRIOS PARA A DELIMITAÇÃO GEOGRÁFICA DO OBJECTO DE ESTUDO

Para a área geográfica definida como região da Serra d'Arga, a delimitação é feita com base em critérios geológicos. A metalogénese singenética e epigenética paleozóica é considerada produtora das primeiras grandes concentrações de *stocks* metalíferos, escalonando-se do Silúrico ao Pérmico. Do Cenozóico à actualidade, ocorre a remobilização detrítica das mineralizações assim constituídas.

Na compartimentação tectonoestratigráfica geral da cadeia Varisca, a área de estudo inclui-se no sector Galiza-Trás-os-Montes, em que as rochas granitóides são atribuídas à estruturação da Zona Centro Ibérica.

Aos terrenos silúricos que aqui afloram atribui-se um cenário original de *rifting* intra-continental, acompanhado de manifestações vulcânicas e exalativas fortemente influenciadas por metassomatismo alcalino com afinidade ao manto, favoráveis à gênese de pré-concentrações metalíferas em W, Au e Fe, sob a forma de óxidos ou sulfuretos. Estas concentrações tanto ocorrem dispersas nas sequências meta-vulcano-sedimentares, como concentradas em níveis estratóides, mais ou menos possantes, que revelam uma tendência maior de aprisionamento em metais úteis ou paleo-concentração (Dias e Leal Gomes, 2007; Dias, 2012).

O principal surto metalogenético pode ser atribuído a este período. As formações de referência (portadoras de mineralização ou situadas em contacto com os níveis mineralizados) incluem um conjunto de litologias exóticas (metavulcanitos félsicos, anfibolitos, turmalinitos, rochas calcossilicatadas, liditos e xistos negros, rochas de aparência gneissica quartzo-feldspáticas), que podem ser encaradas como *metalotectos*. Alguns Autores referem-se a estas formações como camadas-guia ou bancadas de referência (Rocha Gomes, 1971; Leal Gomes, 1986, 1994). Os principais níveis mineralizados estarão associados à precipitação de sulfuretos maciços (Bayer, 1969) e ocorrem com silicatos de Ca, Fe, Al, Mg, que podem assumir aspectos petrográficos similares a skarns “interestratificados” em metassedimentos (Dias, 2012).

A discriminação de variedades litológicas para os terrenos Silúricos (Dias e Leal Gomes, 2007 e Dias, 2012) e a identificação de anatomias fumarolianas litificadas (Leal Gomes *et al*, 2011) levaram à formulação da hipótese de pré-concentração SEDEX (Sedimentary Exhalative Deposits) para os depósitos tungstíferos do domo de Covas, anteriormente atribuídas a uma gênese, exclusiva, por metassomatismo de contacto (Coelho, 1993). É sobre esta mega-estrutura que se desenvolveu a mais intensa e sistemática actividade de prospecção (Rocha Gomes, 1976 a 1985), a par da actividade mineira com maior expressão económica e industrial na RMArga (Dossier n.º 58, 1954 – 1984, sob o concessionário Geomina para o Couto Mineiro de Valdarcas).

Na evolução Paleozóica posterior, os níveis mineralizados e as formações encaixantes foram submetidos a metamorfismo e deformação. Desta evolução persistem evidências bastante impressivas da actuação das fases 2 e 3, Variscas (D2, D3), podendo relacionar-se com estas fases a remobilização metamórfico-metassomática das concentrações metalíferas prévias, associadas aos níveis anómalos da estratigrafia Silúrica. São, por exemplo, veiculadores desta transferência os processos de segregação metamórfica com fusão parcial incipiente que originaram, no decurso da fase D2 e interfase D2-D3 Variscas, produtos venulares pegmatóides de paragénese hiperaluminosa portadores de minérios de Ta, Nb, Ti e Sn (Dias, 2012).

A instalação dos granitos de Santo Ovídio e de Arga, no decurso da fase D3 Varisca, é responsável por parte importante da diversidade de corpos mineralizados, que resultam da fraccionação de magmas graníticos residuais.

Predominam depósitos de aplito-pegmatito instalados em contexto exo-granítico, alguns fortemente diferenciados e enriquecidos em metais raros, tais como o Sn, Nb e Ta, que determinam o carácter dominante das mineralizações. A especialização LCT - Li Cs e Ta – é tipomórfica dos aplito-pegmatitos mais evoluídos de Arga. No seu conjunto, integram o “campo aplito-pegmatítico” definido por Leal Gomes (1994), situado entre o carreamento de Orbacém (W) e o

desligamento Vigo-Régua (E), e instruem as formações meta-vulcano-sedimentares silúricas. Foi sobre estes corpos que se dirigiu o maior número de actividades de exploração mineira concessionada na região da Serra d'Arga, durante o séc. XX. A descrição geológica e da especialidade metalogenética destes depósitos encontra-se expressa em **Leal Gomes (1994)**, que se assume como referência fundamental e recorrente neste trabalho.

Nas fases finais de evolução da orogenia Varisca (tardi D3 a D4), geram-se estruturas de desligamento ou de cisalhamento regionais. Estas atingem os corpos mineralizados preexistentes e manifestam reactivação polifásica e policíclica em sucessivos episódios deformacionais, constituindo locais de focagem de fluidos hidrotermais. Sugerem, assim, concentrações elevadas de metais, remobilizados a partir das formações silúricas, encaixantes ou pré-concentradas em corpos aplito-pegmatíticos retomados durante a transcorrência tardia envolvente, originando a cristalização de paragéneses complexas que incluem mineralizações diversas de Cu, Pb, W, Au, Ag, Bi (e, generalizadamente, Fe, As, Zn) em veios de preenchimento quartzoso (**Leal Gomes e Gaspar 1991, 1992, 1993; Dias e Leal Gomes 2010; Leal Gomes et al. 2011**).

Sobre estes corpos incidiram lavras romanas, das quais se tem registo pelas memórias descritivas em planos de lavra dos concessionários que retomaram os depósitos, no início do séc. XX, e ainda por investigações arqueológicas recentes, desenvolvidas a partir de índices mineiros de Au e Sn do séc. XX (**Brochado de Almeida et al., 1992; Brochado de Almeida, 1996; Alarcão, 2000; Brochado, 2004; Martins, 2005; Carvalho, 2008**).

Os níveis e corpos mineralizados, constituídos no decurso da evolução primária Paleozóica - produtiva do ponto de vista metalífero, foram sujeitos a processos de erosão e meteorização, que vieram a produzir mobilizações detríticas, constituindo depósitos de tipo *placer* residuais e de transporte - eluvionares e aluvionares - possivelmente, desde o Terciário tardio. Nestes depósitos secundários detríticos incidiram, em grande número, trabalhos mineiros informais, em ciclos de retoma irregulares, não documentados, ao longo do séc. XX. Mas também incidiram actividades concessionadas, complementadas, na maior parte dos casos, por uma lavra mais consequente sobre depósitos primários, sobretudo em fases preliminares ou no termo das explorações.

A **Figura I.12** mostra a distribuição dos principais índices mineiros referíveis, à data de 1971, para o Norte de Portugal. Na revisão ao Plano de Fomento Mineiro, aqueles índices eram equacionados na expectativa de um subsequente desenvolvimento mineiro para os metais referidos (**Soares Carneiro, 1971**).

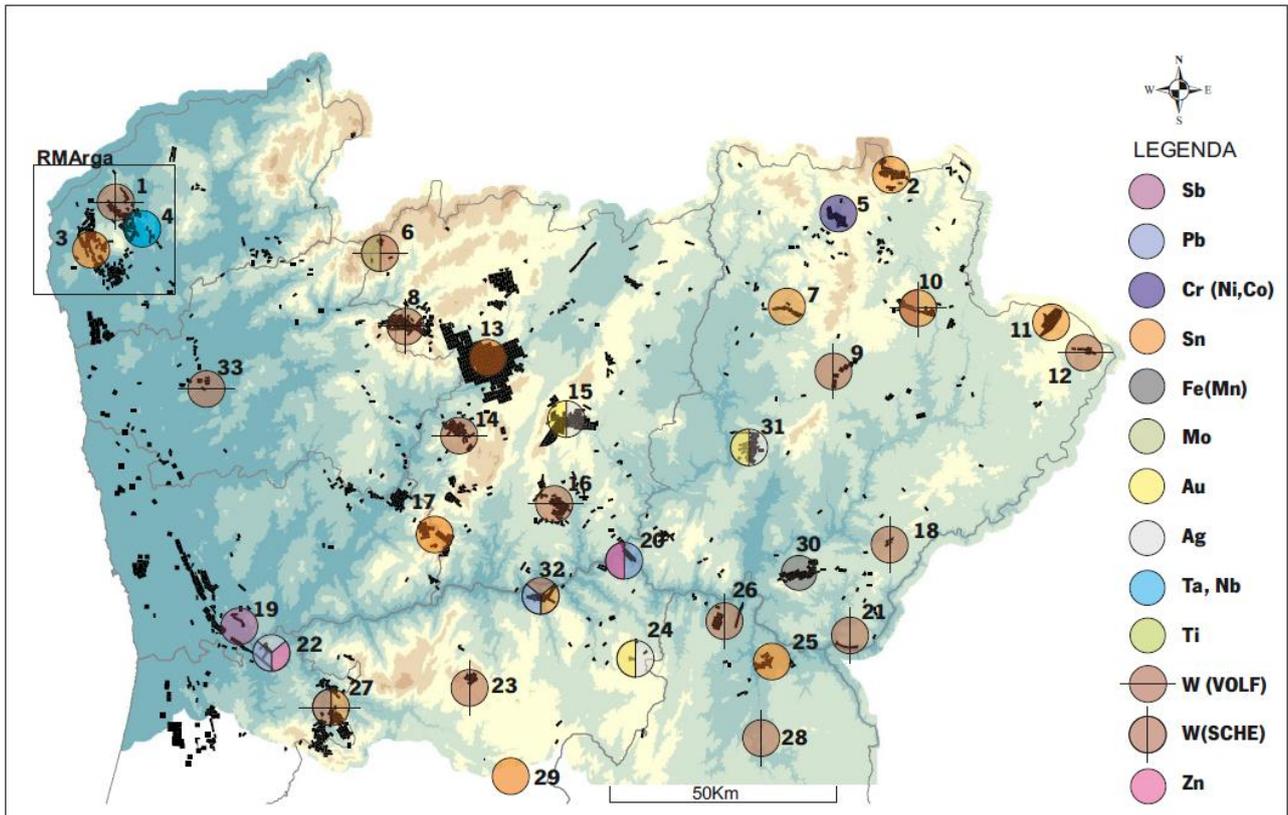


Figura I.12. Distribuição de índices mineiros no Norte de Portugal (modificado de Soares Carneiro, 1971), sobre Carta de Áreas de Exploração Mineira de Portugal (1936-1992), escala 1:500.000 (LNEG, s/d.). Fundo hipsométrico com 5 classes de elevação.

**LEGENDA:** 1 - Covas; 2 - Montezinho; 3 - Serra d'Arga; 4 - Cabração; 5 - Pingarela; 6 - Salto do Lobo; 7 - Ervedosa; 8 - Borralha; 9 - Murçós; 10 - Ribeira; 11 - São Martinho de Angueira; 12 - Ifanes; 13 - Covas (Barroso); 14 - Adoria; 15 - Jales; 16 - Vale das Gatas; 17 - Felgueiras-Amarante; 18 - Lagoaça; 19 - Montalto-Gondomar; 20 - Várzea de Trevões; 21 - Barca D'Alva; 22 - Terramonte; 23 - Covas do Estanho; 24 - Penedono; 25 - Almendra; 26 - Foz Coa; 27 - Arouca; 28 - Azevo; 29 - Queiriga; 30 - Torre de Moncorvo; 31 - Freixeda; 32 - Santa Leucádia; 33 - Tibães.

**NOTAS:** Os índices a negrito referem locais onde se dirigiram estudos apresentados nesta memória descritiva. Os índices a itálico foram incluídos além da listagem de Soares Carneiro(1971). Não se incluem ocorrências de carvão nem massas ou minerais industriais.

No seu conjunto, os elementos recolhidos por levantamento documental, especificamente de *dossiers* de concessões mineiras, e por reconhecimento e amostragem no terreno, designaram-se por elementos de análise.

## I.6. ELEMENTOS ANALÍTICOS E TAREFAS DE SUPORTE

Um objecto de estudo tão amplo implicou uma abordagem transversal e integrativa. Para isso, seguiu-se o princípio naturalista de trílice formulação: como aparece, como evolui, como se aproveita.

Os vários elementos analíticos foram abordados privilegiando a *complementaridade análise-síntese*. A análise de carácter multidisciplinar promoveu a descrição e tratamento dos dados nas interfaces: geologia - mineralogia - mineralometria - geoquímica ambiental (responde a: *como aparece?*)

Neste trabalho, a interpretação resulta de uma *síntese convergente* dos resultados atribuídos a cada EMA, promovendo a compreensão de fenómenos gerados em ambientes específicos, mas com respostas diversificadas.

A evolução mineralógica e geoquímica verificada em cada ambiente revelou-se, ela própria, um indicador de tendência em modelos genéticos ou de um índice prospectivo em prospecção ou avaliação de impacte ambiental, pelo reconhecimento de fenómenos de concentração/dispersão metálica, suas fontes e reservatórios mineralógicos (responde a: *como evolui?*).

Num âmbito tão alargado, situado entre: potencialidade mineira, património geomineiro, ambiente e ordenamento, a convergência dos resultados é conseguida num exercício de síntese-interpretação aplicado à geração de modelos conceptuais para a gestão de espaços mineiros abandonados (responde a: *como se aproveita?*).

As tarefas preliminares tiveram incidência espacial distinta, localizadas nas **Figura I.13** e **Figura I.14**, e foram as seguintes (respectivamente simbolizadas):

- Implantação da cartografia antiga, reconhecimento e validação em imagem satélite ou no terreno (■ na **Figura I.14**);
- Análise de planos de lavra e diagramas de tratamento de minérios – localização de infra-estruturas (☒ na **Figura I.14**);
- Amostragem de água em cursos afectados por efluentes aquosos mineiros (● na **Figura I.13**);
- Amostragem de sedimentos de leito em cursos afectos a minas abandonadas (● na **Figura I.13**);
- Amostragem de precipitados ocre – cursos de água ou escavações mineiras (● na **Figura I.13**);
- Amostragem de sedimentos densos – em zonas de aprisionamento ou em roços (● na **Figura I.13**);
- Amostragem mineralógica de escombrelas de grosseiros (● na **Figura I.13**);
- Amostragem de indicadores ecológicos (● na **Figura I.13**).

Resultou daqui a produção de **elementos de análise**, ou seja, os dados qualitativos ou quantitativos que fundamentam a investigação.

Num primeiro momento, estabeleceu-se a inter-relação dos elementos de análise, provenientes dos vários domínios do estudo, numa base de dados equivalente a um Sistema de Informação Geográfica (SIG), tal como se ilustra na **Figura I.15**. No **ANEXO I** vêm discriminados os conteúdos atribuídos aos domínios de dados e as suas interligações.

A informação geográfica (ou informação georreferenciada) tem uma função importante nas actividades de planeamento territorial. A capacidade de integração, garantida pelos SIG, traduz-se na quantificação da informação espacial, susceptível de ser associada a uma localização. A informação espacial tem uma vertente de localização geográfica (componente cartográfica) e outra de informação geo-referenciada (componente alfa-numérica). A possibilidade de relacionar estas duas componentes através de elementos comuns permite análises espaciais.

Com os pressupostos lançados, esquematizou-se uma Base Geográfica de Referência d'Arga (BGRArga) segundo uma estrutura hierárquica, cuja unidade elementar de representação é o EMA. A partir desta unidade, é possível, por agregação, construir representações de nível hierárquico superior.

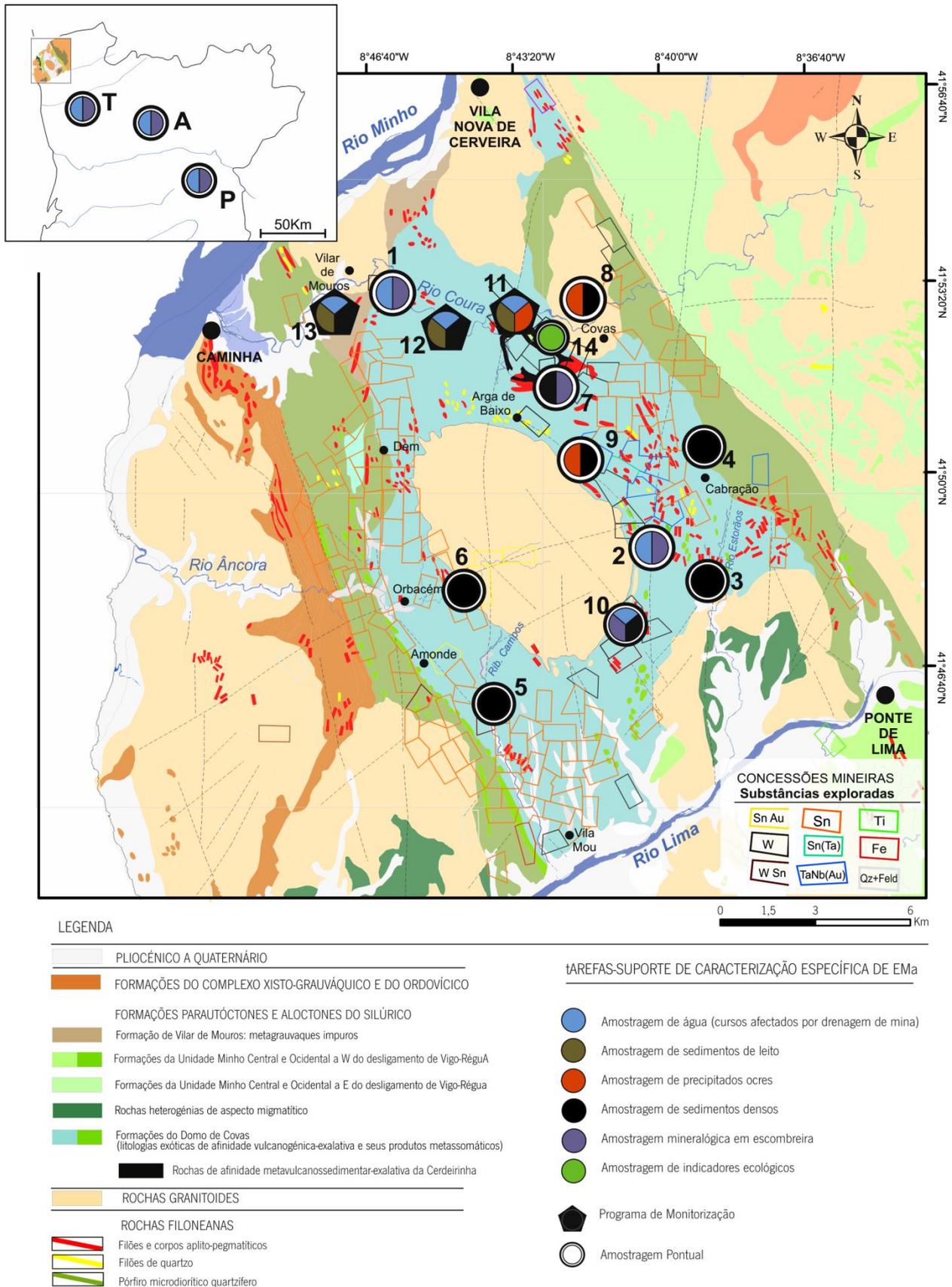


Figura I.13. Mapa das áreas de estudo particulares em que se desenvolveram tarefas de caracterização específica do EMA, no terreno. **LEGENDA:** 1 - Castelão; 2 - Cavalinho-Lagoa (Fulão); 3 - Rio Estorãos; 4 - Balouca; 5 - Rib. Campos; 6 - Rio Âncora; 7 - Cerdeirinha; 8 - Rib. Brasil (foz); 9 - Rib. Arga (Galeria *Fichua*); 10 - Santa Justa-Estorãos; 11 - Rib. Poço Negro (nascente-foz); 12 - Rio Coura (Curso médio-final); 13 - Rio Coura (Vilar de Mouros); 14 - Rib. Poço Negro (nascente); T - Tibães; A - Adoria; P - Penedono.

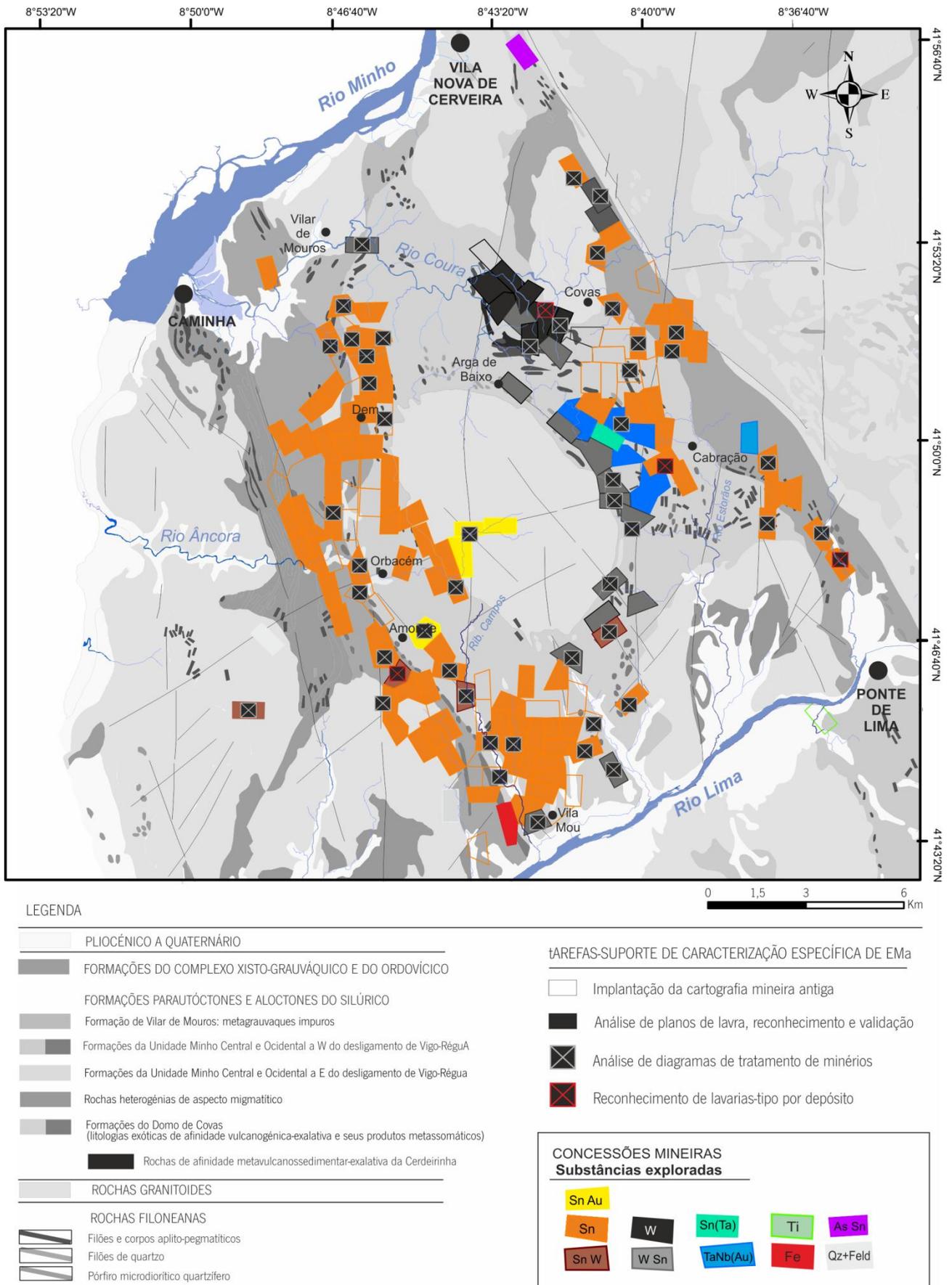


Figura I.14. Mapa das áreas de estudo em que se desenvolveram tarefas de caracterização específica de EMA, a partir do suporte documental.

A análise espacial e relação entre conteúdos são asseguradas na articulação entre a cartografia de referência e a base de dados que decorre da investigação (Figura I.15). Atendeu-se a critérios de uniformização, em conformidade com a directiva *Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE)*, recomendada pela redacção do DL n.º 180/2009.

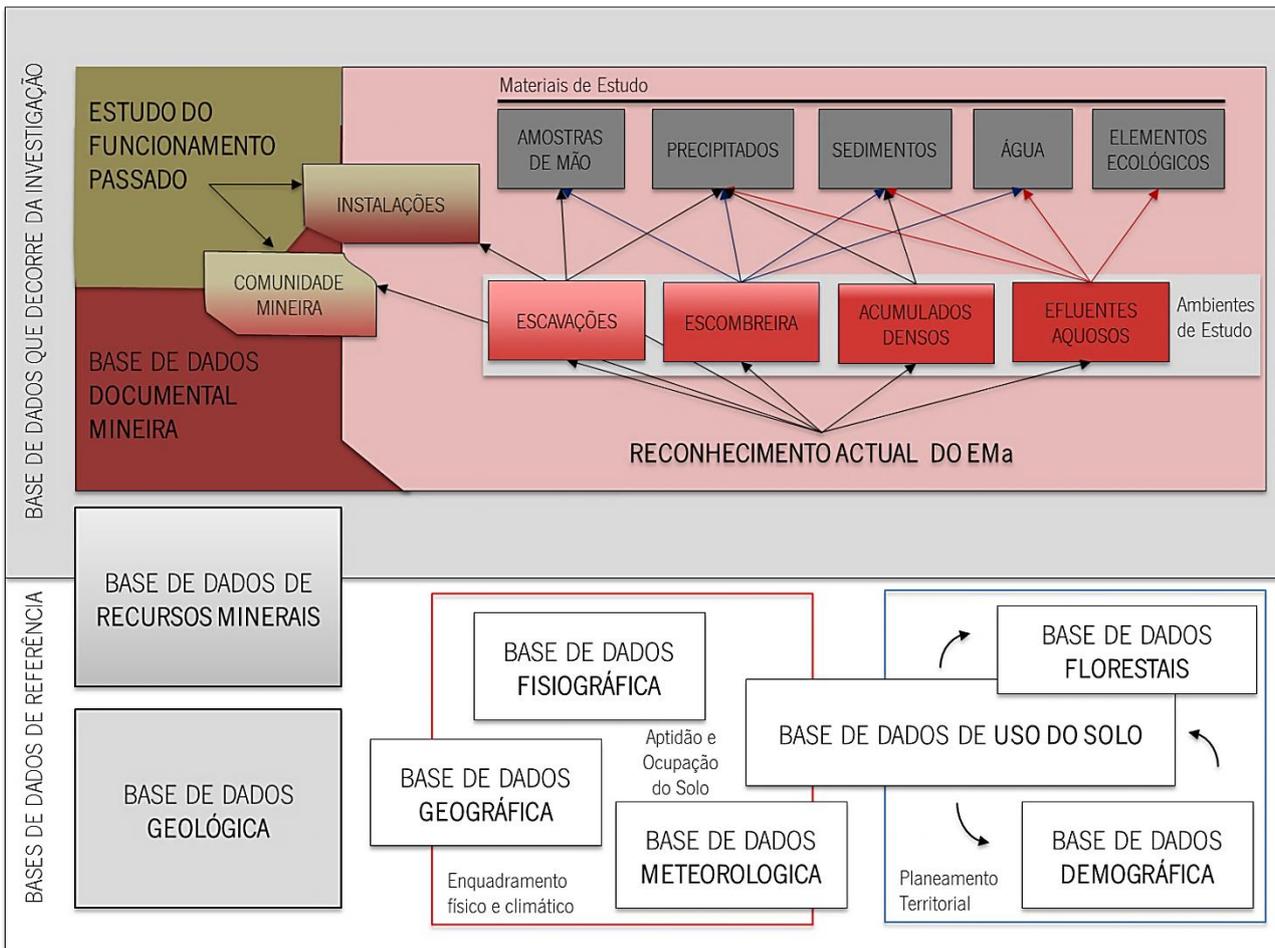


Figura I.15. Relação esquemática entre os dados de referência e elementos analíticos que decorrem da presente investigação.

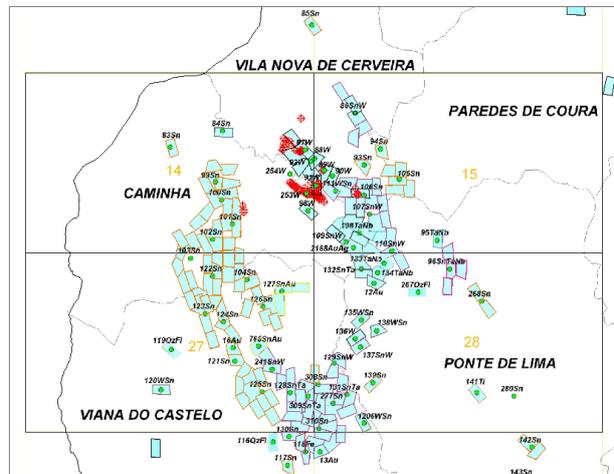
### *Base de Dados de Referência*

Consideraram-se como principais bases cartográficas de referência as cartas geológicas [do actual Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG)], nas escalas 1: 500 000, 1: 200 000 (folha 1), 1: 50 000 (5A, 5B, 1C), e as bases mineiras nas escalas 1:150000 (Vianna, 1929); 1:500 000 (Thadeu, 1965) e 1:500 000 [Carta de Áreas de Exploração Mineira de Portugal (1936-1992)] (LNEG, s/d).

A distribuição espacial das áreas mineiras concessionadas foi consultada no cadastro mineiro nacional – actualmente Sistema de Informação de Ocorrências e Recursos Minerais Portugueses (SIORMINP). A informação relativa à RMArga (NW de Portugal) corresponde a um extracto da Carta de Áreas de Exploração Mineira de Portugal, segundo os elementos de referência espacial que constam dos respectivos Alvarás das concessões mineiras, publicados no Diário do Governo (na terminologia actual, correspondente ao Diário da República).

Foi particularmente útil o conjunto de informações que decorre da base de dados das ocorrências minerais nacionais (SIORMINP, s/d). Segundo esta base ou sistema de informação, são definidas 74 ocorrências minerais para a RMArga (**Figura I.16**). Para cada uma das ocorrências existe uma ficha de registo onde são indicados:

- 1) dados gerais (ocorrência, substância ou metal, dimensão, distritos e campos mineiros, províncias e faixas metalogénicas, unidades geotectónicas);
- 2) dados geográficos de enquadramento (localidade, concelho, distrito, cartas topográficas);
- 3) dados geológicos (tipo de ocorrência, génese, descrição, geologia local, geologia regional, mineralizações principais e secundárias, distribuição, morfologia, gangas, rochas encaixantes);
- 4) reservas e recursos, indicados mediante a classificação do Quadro Internacional das Nações Unidas (**Sousa e Noronha, 1998**);
- 5) entidades exploradoras (ou concessionários, sede, método de exploração, período de concessão e de produção - início e fim).



**Figura I.16.** Sistema de Informação de Ocorrências e Recursos Minerais Portugueses (SIORMINP), extracto para a RMArga.

**Legenda:** 14/15/27/28 - índice das quadriculas referentes à cartografia topográfica (IGeoE, escala 1/25000); ■ - áreas de concessão mineira antigas (a cor do contorno das concessões diz respeito a substâncias exploradas, discriminadas na **Figura I.2**); ● - ocorrências minerais estabelecidas e indexadas no SIORMINP; ⊕ - local de sondagem efectuada pelo SFM (1958-1989).

A esta base cartográfica associou-se a análise de acervos documentais nos Arquivos Técnicos - Históricos Mineiros, em sedes de administração mineira central e regional, actualmente representados pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), em Alfragide, Lisboa, e pela Direcção Regional de Economia do Norte (DRE-N), no Porto. O conjunto dos designados *dossiers mineiros*, relativos aos processos de concessão da RMArga, está indicado discriminadamente nas Referências Bibliográficas.

Tiveram-se ainda em consideração as Cartas Mineiras Portuguesas. A Carta de **Vianna (1929)** representa uma distribuição dos depósitos minerais através da localização das áreas das concessões mineiras que lhes eram dedicadas, com uma cor para o elemento metálico mais importante. Deste modo simples, são fornecidas indicações directas, ou indirectas, da tipologia das mineralizações. A Carta de **Thadeu (1960)** mantém o esquema de **Vianna (1929)**, mas integraram-se unidades geotectónicas por representarem um controlo da distribuição dos depósitos (Maciço Hespérico e Orlas Pós-Paleozoicas).

A base geográfica de referência, produzida pelo Instituto Geográfico do Exército (IGeoE), inclui: altimetria (equidistância entre curvas de nível de 10 m), vértices geodésicos (1.ª e 2.ª ordem), divisão administrativa (Carta Administrativa Oficial de Portugal - **CAOP, 2012**), redes de transportes, edificações, toponímia, hidrografia (áreas e linhas de água de 1.ª, 2.ª e 3.ª ordem).

A base meteorológica regional, da responsabilidade do Instituto Nacional da Água (INAG), incluiu as variáveis: temperatura, pluviosidade, humidade relativa, velocidade do vento (valores médios anuais num intervalo de anos 2006-2011, para um conjunto de estações climáticas a referir).

A base fisiográfica e de aptidão do solo, da responsabilidade da Escola Superior Agrária de Ponte de Lima, do Instituto Politécnico de Viana do Castelo (ESAPL-IPVC), inclui os seguintes conjuntos de dados: a) fisiografia e clima: unidades fisiográficas, zonas climáticas, formas de relevo, declive; b) classificação solo: distribuição dos tipos de solos; c) uso e aptidão da terra.

Usaram-se ainda bases de dados de ocupação (ESAPL-IPVC), que incluíam: áreas urbanas /rurais; áreas agrícolas; zonas húmidas; áreas florestais. Relativamente aos dados florestais, da responsabilidade da Autoridade Florestal Nacional (AFN), distingue-se o tipo de ocupação florestal, segundo: populações arbóreas, arbustivas, mista e de produção.

Quanto à base de dados demográficos, do Instituto Nacional de Estatística (INE), esta inclui: estrutura demográfica (população residente – ocupação em 2007 e 2011); património natural (áreas protegidas, de recreio e fruição); património cultural (religioso, histórico-artístico, popular, arquivos, bibliotecas, museus, centros de exposição e interpretação).

### *Bases de Dados que decorrem desta Investigação*

A organização dos elementos analíticos inclui a classificação dos dados parcelares. A menção dos métodos de tratamento e preparação, bem como a metodologia de análise será referida no **Capítulo II**. Aqui, enumera-se apenas o conjunto diversificado de elementos de estudo que foram utilizados.

Segundo um modelo geral de inquérito sociológico, foram realizadas entrevistas a antigos trabalhadores mineiros da RMArga, com um guião preparado para a obtenção de dados que conciliassem a informação documental e a dispersão espacial de vestígios de actividade mineira. A informação tratada permitiu colmatar lacunas e considerar valências patrimoniais de determinados EMA. Apesar de não integrar directamente a base de dados, apoia a organização dos dados documentais e o planeamento de amostragens em escombrelas, tendo como principal contributo para este trabalho a definição de um perfil identitário da comunidade mineira.

O levantamento e análise documental dos processos mineiros reunidos nos Arquivos Históricos-Mineiros da DREN (Porto) e do LNEG (Alfragide, Lisboa) foi realizado para toda a RMArga. Deste estudo resultou uma base de dados com a seguinte organização da informação:

- **Informação técnico-científica:** Relatórios de reconhecimento de Mina (situação e acesso, geologia e jazigo, plano da lavra, demarcação topográfica); Plano de Lavra (preparação e traçagem; método de desmonte, transporte e extracção, ventilação e esgoto, entivação e iluminação, instalações mineiras de pessoal e logística, orçamento); Oficina de Preparação e Diagrama de Tratamento (plantas, cortes e alçados); Cartografia Mineira Antiga (Mapas de localização e demarcação mineira, plantas e cortes das áreas de desmonte; plantas de avanço dos trabalhos);

- **Informação jurídico-administrativa:** Registos de Manifesto Mineiro; Pedidos de concessão (provisória e definitiva, transmissão e arrendamento); Pedido de Director Técnico; Elementos de caracterização do concessionário; Ofícios, Autos de Visita, Reclamações, Inquéritos de Averiguação;
- **Documentos de produção e fiscalidade:** Produção Anual, Guias de Circulação de minério, Acidentes de trabalho, Formulários de Seguros.

No que respeita à produção mineira, foram consultados, para o distrito de Viana do Castelo, os Mapas de Liquidação dos Impostos de Minas, publicados na Série II dos *Diários do Governo* relativos ao período de 1918 a 1960.

Os elementos decorrentes do reconhecimento do EMa, via Imagens Satélite ou directamente no terreno, foram inventariados após implantação da cartografia mineira antiga. Nos vestígios de trabalhos antigos foram discriminadas:

- **Escavações:** poços, trincheiras, sanjas, galerias, cortas a céu aberto, valas em placers;
- **Instalações:** transporte e rolagem (caminhos e estradões mineiros, guinchos, carris tipo “*decauville*”); edifícios de apoio (forja, carpintaria, serralharia, central eléctrica, armazém, paiol); edifícios de tratamento (oficinas manuais de separação hidrogravítica, oficinas mecânicas de separação e beneficiação, fornos de ustulação); armazenamento e conduta de água (tanques de acumulação e tanque de decantação de lamas, canais, açudes); edifícios de apoio social (casa da direcção, escritório, casa do guarda, casa da malta ou dormitório, cantina, cozinha ou refeitório e sanitários);
- **Escombreiras:** áreas de acumulados ou áreas de dispersão de resíduos; coberto vegetal correspondente; marcas de intervenção antrópica.

### *Elementos de Amostragem no EMa*

Como se ilustra na **Figura I.15**, os materiais alvo de amostragem e estudo foram amostras de mão, sedimentos de leito fluvial, sedimentos densos, precipitados, efluentes aquosos e organismos vivos ou mineralizados.

As amostras de mão, provenientes de escombreira de rejeitos grosseiros, foram seleccionadas por evidenciarem neoformações mineralógicas supergénicas: oxí-hidróxidos, sulfatos, fosfatos, arsenatos, bem como os eventuais precursores primários.

Promoveram-se as seguintes tarefas expeditas (com desenvolvimento analítico posterior):

**Caracterização dos materiais dispersos:** granulometria, abundância, distribuição, espessura dos acumulados;

**Caracterização mineralógica, em níveis de resolução e alcance analítico diferenciado:** paragénese primárias (identificação de minerais úteis/gangas, estimativas visuais, singularidades estruturais, texturais e mineralógicas), paragénese secundária (identificação de neoformações mineralógicas supergénicas, modo de ocorrência, qualidade das formas cristalinas, cor, agrupamento, intercrescimento, zonalidade, epitaxias e formas de alteração – em *boxwork*).

**Precipitados:** ilustração morfologia de produtos ocre, estudo da composição mineralógica de detritos herdados da matriz cimentante.

Segundo uma metodologia específica de selecção de zonas de deposição convergente (**Capítulo II**), foram amostrados sedimentos, posteriormente sujeitos a separação gravítica por contraste de densidade em meio denso ou à bateia. Retiveram-se, para cada caso, os seguintes elementos de identificação:

**Locais de colheita:** marmitas em cursos de água, zonas de maior sedimentação fluvial/aluvionar, roços em cortas e em acumulados de rejeitos mineiros (tratando preferencialmente fracções <2mm);

**Separação mineralógica de grãos e agregados cimentados,** com recurso às propriedades: densidade, susceptibilidade magnética, cor e características diagnósticas;

**Caracterização de grãos e suas populações:** morfológica (formas comuns, estimativa visual de grãos idiomórficos, formas de alteração); morfoscópica (marcas de transporte, tratamento, alteração); granulométrica (tamanho);

**Mineralometria:** estimativa visual por identificação óptica e comparação a ábacos e atlas de referência.

Identificada a área de maior sensibilidade ambiental, associada à evolução geoquímica supergénica de resíduos com carácter muito reactivo, adoptou-se o programa de monitorização ambiental iniciado em **Valente (2004)**.

No período de 2007 a 2011, segundo um calendário de amostragem sazonal (Fevereiro – Maio – Setembro), foram colhidas amostras e feitas leituras expeditas de determinados parâmetros de qualidade em cursos com drenagem ácida de origem mineira e seus receptores fluviais.

Relativamente a áreas mineiras com rejeitos dispersos em escombrelas de menor dimensão e menos reactivas, foi realizada uma amostragem pontual em escorrências superficiais e em pontos seleccionados, onde também se colheram amostras de mão de materiais primitivos sujeitos a alteração supergénica.

Para o estudo geoquímico das drenagens mineiras em cursos de água ou escorrências superficiais, e sobre o substrato sedimentar dos leitos de escorrência, consideraram-se os seguintes elementos de análise:

**Parâmetros físico-químicos:** expeditos (ph, temperatura, condutividade eléctrica, potencial de oxidação-redução, oxigénio dissolvido) e obtidos em análise laboratorial (sólidos suspensos totais, alcalinidade total, acidez);

**Composição química:** conteúdo aniónico, elementos maiores e vestigiais;

**Granulometria, mineralogia e composição química de sedimentos de leito:** classificação granulométrica segundo classes dimensionais de Folk; mineralogia (fracção < 20µm e fracção > 2mm); composição química: elementos maiores e vestigiais.

Foram ainda reconhecidos em campo, amostrados e sujeitos a ensaio laboratorial, tecidos vegetais correspondentes a folhas crustificadas com precipitados ocre, ao longo de corredores ripícolas de cursos efluentes com drenagem ácida. Também se recolheram, nestes ambientes, e caracterizaram de forma expedita, algas e protozoários, referindo: género, abundância, formas de distribuição.

## I.7. PLANIFICAÇÃO

A planificação que se propõe é uma das formas possíveis de articular a apresentação dos dados, resultando de uma busca constante de coerência e integração de observações e resultados analíticos e, bem assim, de uma contínua adequação metodológica e de sistematização. Os temas implicados no universo de estudo são muito vastos e, na sua maioria, bem documentados, quer do ponto de vista de estudos regionais (de caracterização de objectos e materiais), quer do ponto de vista fenomenológico (nas várias componentes de análise).

Este **I CAPÍTULO** foi desenvolvido atendendo à amplitude e actualidade do tema mineiro e da revisão do espaço que o suporta, observando o quadro legal em que EMa pode ser objecto de consideração, sob os diversos âmbitos (dos recursos minerais, do ordenamento do Território, do património, do ambiente e de requalificação mineira). Importou salientar a terminologia específica (da organização espacial, da qualificação dos recursos, da prospecção integrada à revisão da potencialidade, da evolução geoambiental em EMa) e a forma como se aplica nesta memória descritiva. Da área maior de estudo – RMArga – obtiveram-se os elementos analíticos que suportam o presente estudo e que implicaram, desde o primeiro momento, uma organização em bases de dados interrelacionadas, construídas a partir de bases de referência – enunciadas na introdução e posteriormente retomadas.

O **II CAPÍTULO** vem frisar a importância dada ao estabelecimento de rotinas analíticas e à selecção de métodos adequados para as duas componentes deste estudo: no funcionamento mineiro passado – conciliando a análise do conteúdo de entrevistas a antigos mineiros e a pesquisa do acervo documental mineiro (dossiers de concessões e programas de prospecção em arquivo técnico); no diagnóstico aos estado de evolução do EMa – esquematizam-se as técnicas e procedimentos adoptados para o estudo dos diferentes materiais em apreço (amostras de mão e precipitados ocres, sedimentos de leito, água, organismos específicos do ambiente de drenagem de mina e substratos orgânicos associados). Este capítulo pode ser encarado, ele próprio, como um contributo metodológico para programas multidisciplinares de caracterização do EMa.

O enquadramento da área e objecto de estudo - **III CAPÍTULO** – inclui referências geográficas - espacial (variação fisiográfica, hidrográfica e geometereológica), e territorial (ocupação e usos do solo, estatuto diversos de preservação e conservação da natureza, dispersão demográfica e traçados de vias de comunicação). Faz-se a contextualização geológica (tectónica, domínios estruturais e síntese litostratigráfica) da área maior de estudo. Deu-se maior destaque ao enquadramento mineiro – histórico, administrativo e da distribuição das áreas mineiras no Norte do país (concessões passadas e actuais contractos para exploração e para pesquisa e prospecção).

Concretamente para a RMArga apresenta-se uma cronologia das concessões mineiras atribuídas desde o séc. XIX até às actuais áreas com contractos de prospecção. É ainda feita uma contextualização à reabilitação de áreas mineiras abandonadas no Norte de Portugal e enumerados alguns estudos que lhe deram suporte.

O presente trabalho visa contribuir para o conhecimento integrado do espaço mineiro da Região da Serra d'Arga, nas componentes do funcionamento mineiro passado e do estado de evolução no EMa. A estas componentes dedicam-se

os dois capítulos centrais. O **IV CAPÍTULO** incide sobre aspectos da mineração formal e informal, as principais técnicas e infra-estruturas de apoio à lavra e ao processamento mineralúrgico, com base sociológica e de arquivo documental. Para o mesmo foram obtidos dados de estatística mineira relativos à produção declarada pelos concessionários. Com base em elementos cartográficos e de caracterização de depósitos filonianos, obtidos em planos de lavra. Propõe-se uma distribuição geográfica dos depósitos explorados, pondo em evidência a disposição de elementos estruturais dos terrenos encaixantes, nomeadamente superfícies de deformação varísca, com controlo na instalação dos corpos filonianos.

O diagnóstico do estado de evolução do espaço mineiro, no **V CAPÍTULO**, inclui inventários mineralógicos em escombrelas, escavações mineiras e cursos de água que veiculam drenagem de mina. Numa primeira parte, são discriminadas mineralizações tungstíferas, distinguidos os eventuais ambientes de formação associados, também estes diferenciadores de tipos de depósitos minerais. Na segunda parte distinguem-se ambientes de neoformação mineral, com base na reactividade da paragénesis paragénesis e na interacção mineral-água.

A discriminação de sistemas com respostas ambientais diferenciadas foi feita com base no reconhecimento de produtos de alteração evoluídos, tais como crustificações, com distintos aspectos texturais e composicionais, nomeadamente: crustas e agregados scorodíticos (Castelhão, Fulão) e crustas ferralíticas (Valdarcas, Santa Justa). A caracterização destes produtos e a sua influência no meio aquoso (escorrências superficiais, de drenagem ou de leito fluvial com distinta influência mineira) e na carga sedimentar, envolveu metodologias analíticas diversificadas (microanálise de cristais e crustas em MSE, medição expedita de parâmetros físico-químicos em meios aquosos, análise química de água e sedimentos, análise granulometria, e estudo mineralométrico de densos) com vista à identificação de fenómenos de enriquecimento, fixação, remobilização e dispersão metálica em EMA ou além deste.

A integração destas componentes fundamenta a proposta de gestão dos EMA, como unidades territoriais específicas – concretizado no **VI CAPÍTULO**. Foram obtidos modelos conceptuais aplicados a cinco depósitos-tipo, segundo os descritores geológico, técnico, ambiental, patrimonial. As tipologias que se desenvolvem por subcapítulos foram as seguintes: Metassomatitos em associações protolíticas vulcanogénicas e sedimentares exalativas; Aplitopegmatitos de tipo LCT predominante com veios hidrotermais associados; Enxames venulares relacionados com focagem hidrotermal em zonas de cisalhamento; Gossan em sequências metavulcanossedimentares e Depósitos tipo *placer* - alunionar e eluvionar). Estes tipos, com base em descritores geológico, técnico-mineiro, ambiental e patrimonial. Tem-se em vista a atribuição de classes de qualificação do EMA, sintetizada numa matriz de gestão territorial do EMA.

Ainda, quanto às **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**, optou-se por organizá-las pelos domínios disciplinares abordados neste trabalho: **1)** Geologia, Mineralogia e Metalogénese; **2)** Minas, Engenharia e Indústria; **3)** Ambiente, Geoquímica e Neoformação; **4)** Ordenamento do Território; **5)** Arqueologia, Antropologia e Património Mineiro. Reservou-se uma secção à Legislação, também ela respeitando a seguinte ordem temática: Recursos Geológicos; Ambiente; Património; Ordenamento do território; Diários do Governo. Em secção própria refere-se a cartografia Temática e as Notícias Explicativas consultadas. Enumeram-se os relatórios inéditos e *dossiers* mineiros que foram consultados nos arquivos: Técnico [LNEG] e Histórico-Mineiro [LNEG, DREN].



# II. CAPÍTULO

## PROCEDIMENTOS E

### MÉTODOS ANALÍTICOS

---

#### ESTUDO DO FUNCIONAMENTO MINEIRO PASSADO

- Análise de Entrevistas a antigos mineiros
- Análise Documental de *dossiers* de concessão

#### DIAGNÓSTICO AO ESTADO DE EVOLUÇÃO DO ESPAÇO MINEIRO ABANDONADO

- Protocolos analíticos – organigramas, técnicas e equipamentos
  - Estudo de amostras de mão e de precipitados
  - Estudo de sedimentos em drenagens mineiras
  - Estudo de escorrências e drenagem mineira
- Referenciais para o tratamento analítico



## II. MÉTODOS ANALÍTICOS

Este capítulo é dedicado à descrição do conjunto dos métodos analíticos que permitiram uma caracterização abrangente dos EMa.

A **Tabela II.1** sugere uma perspectiva sinóptica da amplitude disciplinar do estudo. Os elementos analíticos, enunciados no capítulo introdutório, abrangem várias escalas de observação e decorrem de abordagens metodológicas em domínios científicos específicos ou de interface. Os métodos, técnicas e equipamentos são organizados em diagramas analíticos, equivalentes a *protocolos-tipo*, estabelecidos para cada contexto de análise.

**Tabela II.1.** Apresentação sinóptica dos métodos analíticos organizados por escala de intervenção e âmbito geral de aplicação.

ESCALA	INTERESSE E OBJECTIVOS GERAIS	DOMÍNIO CIENTÍFICO	MÉTODOS ANALÍTICOS	MATERAIS DE ESTUDO	DIAGRAMA ANALÍTICO
Regional	Identificação de objectos e locais de interesse mineiro	Ciências sociais	Análise de conteúdo	Entrevistas	<b>Figura II. 1</b>
	Estabelecimento de uma metodologia de reconhecimento e caracterização do EMa	Ciências sociais	Análise Documental	<i>Dossiers</i> mineiros	<b>Figura II. 2</b>
	Estudo da dispersão superficial dos EMa	Cartografia geológica e mineira SIG	Implantação e Georreferenciação	Mapas de delimitação de concessões	
	Reconhecimento de cortas, escombrelas, infra-estrutura edificadas e escavadas.	Geologia Estrutural		Planos de Lavra ↓	
Projeção de depósitos filonianos explorados			Projeção estereográfica	Atitudes de filões declaradas	
Local	Caracterização mineralógica de neoformações supergénicas	Mineralogia e geoquímica	Análise paragenética	Amostras de mão	<b>Figura II. 7</b>
			Análise química		Precipitados
	Caracterização de cursos receptores de efluentes aquosos e de detritos mineiros	Hidrogeoquímica e sedimentologia	Caracterização físico química	Água	
			Composição química		
			Análise granulométrica		Sedimentos Concentrados densos
Identificação mineralógica de fracções finas					
Monitorização da qualidade ambiental do EMa, segundo protocolos analíticos estabelecidos.		Mineralometria e caracterização de grãos e agregados densos			
Pontual	Microanálise em minerais supergénicos e eventuais precursores primários	Mineralogia e mineroquímica	Identificação de organismos	Materiais orgânicos naturais	<b>Figura II. 13</b>
			Descrição morfológica		
			Análise mineralógica e química	Superfícies polidas (amostras de mão e grãos )	<b>Figura II. 9</b>

Distinguem-se duas abordagens metodológicas fundamentais, cada uma dedicada a seu capítulo:

- 1) Estudo do funcionamento mineiro passado – **Capítulo IV**;
- 2) Diagnóstico ao estado de evolução do EMa (actualização do conhecimento e monitorização) – **Capítulo V**.

## II.1. ESTUDO DO FUNCIONAMENTO MINEIRO PASSADO

Em **Alves (2007)** é proposto um modelo de equilíbrio entre valorizações do património ou da potencialidade fundamentado na investigação do funcionamento mineiro passado. Nesse trabalho são identificados vários espaços mineiros abandonados que justificam uma abordagem à valorização do património remanescente ou estudo de formas variadas de valorização económica. No presente estudo é retomada a base metodológica que foi estabelecida a partir de 3 espaços mineiros abandonados, assumidos como casos paradigmáticos, incluindo a análise de testemunhos orais (conteúdos de entrevistas) e acervos mineiros documentais (análise de dossiers). Aqui, estender-se-á a aplicação desses métodos analíticos a toda a RMArga.

### II.1.1. ANÁLISE DE ENTREVISTAS

O recurso à entrevista visa a "*recolha de dados de opinião que forneceram não só pistas para a caracterização do processo em estudo, como também conhecer, sob alguns aspectos, os intervenientes do processo*" (**Estrela, 1986**). Neste estudo, entende-se como processo a mineração e são seus intervenientes aqueles que presenciaram de forma mais ou menos participativa o desenvolvimento de uma ou várias explorações mineiras, concretamente na RMArga.

A mineração, enquanto aproveitamento efectivo de um jazigo, envolve uma grande diversidade de métodos e técnicas, determinados pela particularidade geológica, mas também pela massa crítica atribuída à comunidade mineira. Daí que, numa entrevista, dirigida a um interveniente/testemunha de um ou mais processos de aproveitamento mineral, se obtenham dados que permitem caracterizar um ou vários fulcros de mineração e os traços particulares da comunidade mineira que sobre eles trabalharam.

Considerou-se vantajoso aplicar as entrevistas só após uma primeira aproximação documental aos acervos mineiros das concessões, sobre as quais o Entrevistado era convidado a testemunhar. Por outro lado, mais vantajosa se torna esta técnica de recolha de dados, quando existe um conhecimento efectivo das ocorrências minerais no terreno - o seu domínio litológico e estrutural e, ainda, se possui uma percepção sobre a distribuição regional daquelas ocorrências. Este conhecimento de base, que se pretende enquadrador e integrativo dos possíveis domínios de resposta, amplifica a compreensão de dados fragmentários e particulares do conteúdo de cada resposta.

Para as entrevistas foi elaborado um Guião (**ANEXO III**), adaptado de **Alves (2007)**, que constitui suporte orientador ou moderador, respeitando *objectivos gerais e específicos*, explicitados no **Capítulo IV.1**.

A sistematização de informações de cariz mineiro, veiculadas por antigos trabalhadores, aproxima o investigador da peculiaridade de cada fulcro de mineração, resultando daí uma visão mais objectiva e imparcial do funcionamento mineiro passado. O tratamento desta informação, e muitas vezes a visita aos sítios mineiros na presença dos próprios Entrevistados, motivou algumas das opções assumidas nos programas de amostragem em EMA. Verifica-se aqui uma

utilidade ambivalente tanto na perspectiva de um diagnóstico sobre reservas remanescentes num dado depósito, como na expectativa de uma melhoria da qualidade ambiental no EMA.

Na **Figura II. 1** esquematiza-se a análise de conteúdo ao discurso escrito do momento das entrevistas. Esta processou-se em 3 momentos: **1)** pré-análise do texto de cada entrevista; **2)** exploração do *corpus* ou conteúdo relevante da entrevista; **3)** tratamento dos resultados em grelha de análise de conteúdo, com vista à representação gráfica frequencial dos elementos mais significativos referidos pelos entrevistados. Cada um destes momentos será alvo de desenvolvimento no **Capítulo IV.1**.

Na presente investigação, a orientação dada à análise de conteúdo do discurso de antigos mineiros procura também fundamentar a qualificação de antigas minas como *património cultural* (material e/ou imaterial).



**Figura II. 1.** Diagrama sinóptico da análise de conteúdo aplicada a entrevistas a antigos trabalhadores mineiros

## II.1.2. ANÁLISE DOCUMENTAL DE *DOSSIERS* DE CONCESSÃO

Os acervos documentais das antigas concessões mineiras incluem documentação técnico-científica, jurídico-administrativa e de produção e mercado. A sua análise, entendida numa perspectiva multidisciplinar, fornece dados importantes para a revisão do EMA no âmbito de programas de prospecção mineira, pela reavaliação de reservas remanescentes no depósito primário ou escombrelas. Também avança argumentos para uma valorização de cariz patrimonial pelo reconhecimento e qualificação da herança cultural, tecnológica e industrial. Por seu turno, a reabilitação ambiental de espaços mineiros abandonados, pode beneficiar das descrições de funcionamento da lavra mineira.

Com intenção de aprofundar o conhecimento sobre a exploração mineira no passado - concessão, administração, exploração/produção e distribuição espacial de trabalhos mineiros - realizou-se uma consulta alargada aos *dossiers* das concessões mineiras que lavraram no Alto Minho, inicialmente no Arquivo Mineiro da DRE-N (Porto) e posteriormente no Arquivo Histórico-Mineiro do LNEG (Alfragide, Lisboa). O primeiro representa o acervo herdado da antiga Circunscrição Mineira do Norte (CMNorte), responsável pelo apoio à actividade mineira e sua fiscalização no terreno. Os *dossiers* integram informação de cariz técnico, testemunhando o acompanhamento dos trabalhos (Autos de Visita, mapas de actualização das escavações, reclamações, etc.). Contudo, a informação cartográfica, de carácter obrigatório, surge em

formato duplicado, numa reprodução geralmente em decalque sépia, pertencendo os originais aos ex-Serviços Geológicos do actual Arquivo Histórico-Mineiro do LNEG. Neste, os *dossiers* são mais volumosos e têm um carácter sobretudo administrativo, com toda a documentação exigida ao pedido de concessão/transmissão/arrendamento, onde se incluem os Planos de Lavra e Plantas anexas (nas versões originais).

A estratégia usada no estudo dos *dossiers* mineiros foi a *análise documental* (Alves, 2007, 2010). O esboço conceptual, adaptado de Bardin, 1994, apresenta-se na Figura II. 2, e teve como objectivo identificar informações mineiras pertinentes, passíveis de constituir elementos de qualificação do EMA.

A *análise documental* enquadra-se no domínio das ciências sociais, ramo das ciências da informação, documentação e arquivística, com técnicas e instrumentos analíticos próprios (Silva *et al.*, 2009). Pode definir-se como uma “operação ou conjunto de operações visando representar o conteúdo de um documento sob uma forma diferente da original, a fim de facilitar, num estado ulterior, a sua consulta e referência” de tal forma, que esta obtenha o máximo de informação (aspecto quantitativo), com o máximo de pertinência (aspecto qualitativo) (Bardin, 1994).

No primeiro momento da consulta (Pré-Tratamento) detectaram-se os principais contrastes e semelhanças no conjunto dos *dossiers*. Procedeu-se à categorização dos documentos que integravam, de uma maneira geral, todos os *dossiers*, dedicando-se especial atenção aos documentos de cariz cartográfico, para o estabelecimento de programas de reconhecimento e amostragem em campo. Foi realizado o registo fotográfico de toda a informação documental – digitalizaram-se algumas bases cartográficas mineiras. O conjunto reúne-se na Base de Dados Documental Mineira (tal como se estabeleceu na Figura I.15, Capítulo I).

Os documentos que integram cada *dossier* foram tomados por Alves (2007) como *unidades de análise*, sobre os quais se elaborou uma *ficha de consulta* padronizada, com vista à codificação e organização cronológica, promovendo assim a sua visão integral num *diagrama sinóptico*. Desta forma, salientam-se características comuns dos documentos e reconhecer indicadores do funcionamento mineiro passado. As *unidades de análise* que aqui se consideraram mais importantes dizem respeito a documentos de cariz *técnico-mineiro*, como: *planos de lavra*, *cartografia mineira (diversas escalas)*, *relatórios de reconhecimento de mina*, *autos de visita* (Figura II. 3). Estes foram abordados com vista à adequação de:

- 1) programas de reconhecimento no terreno;
- 2) campanhas de amostragem de materiais geológicos.

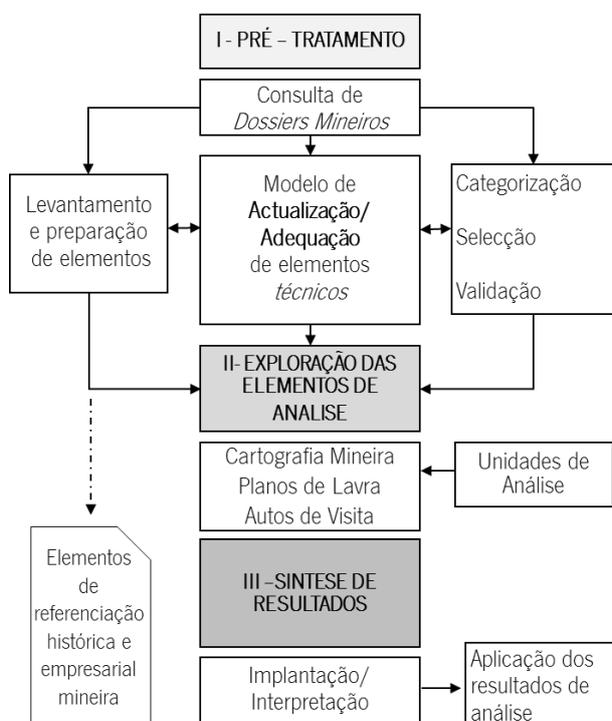


Figura II. 2. Diagrama sinóptico aplicado à análise documental em *dossiers* de concessões mineiras.

No que respeita a elementos de *administração mineira*, identificaram-se os principais intervenientes ao nível empresarial mineiro (companhias e sociedades mineiras, direcção técnica) em documentos do tipo *pedidos de concessão, alvarás, ofícios*; bem como a intervenção da entidade fiscalizadora (CMNorte) junto do concessionário, com base em documentos como *ofícios e autos de visita, reclamações e inquéritos* (Figura II. 3).

TÉCNICO-MINEIRO	Relatório de Reconhecimento de Mina	RRM
	Plano de Lavra	PL
	Cartografia Mineira	C
	Infra-estruturas Mineiras	IM
ADMINISTRAÇÃO MINEIRA	Pedido/Proposta (concessão, arrendamento, director técnico)	P
	Ofícios e Guias (concessionário, serviços de fiscalização)	O
	Autos (visita, demarcação, adicionamento, nova demarcação)	A
	Reclamações / Inquéritos	R / I
PRODUÇÃO E MERCADO	Estatísticas de Produção	E
	Guias de Circulação de Minério	G
	Formulários de Seguros	S

Figura II. 3. Sistema de Categorias/Subcategorias dos documentos que integram um *dossier* mineiro (adaptado de Alves, 2007). Abreviaturas habitualmente utilizadas na referenciação dos respectivos documentos ao longo do presente corpo de texto. Entre os documentos da categoria técnico-mineiro, podem ainda referir-se os **Relatórios de Trabalhos Realizados (RTR)**, que eram entregues anualmente pelo concessionário à CMNorte apresentando o estado de avanço das operações mineiras, particularmente este tipo de documento só foi encontrado nos *dossiers* mineiros consultados no Arquivo da DRE-N - Porto, tais como Autos de Visita; Guias de Circulação de Minérios e Estatísticas de Produção (quando não se encontravam nos *dossiers* próprios para o efeito).

### II.1.2.1 Documentos do *dossier* determinados pelo Quadro Legal

O estudo de *dossiers* mineiros obriga necessariamente ao conhecimento dos distintos quadros legais mineiros, uma vez que os documentos técnicos e os seus termos de referência constituíam imposições normativas.

Alguns Autores apresentam e discutem o conteúdo dos vários diplomas e os seus aspectos contrastantes, como sejam: **1)** direito de descoberta e registos de manifesto, **2)** licenciamento de prospecção e pesquisa, **3)** requisitos formais para o concessão, **4)** impostos fixos e proporcionais, **5)** abandono e revogação mineira (Castro Duarte e Dias Marques, 1954; Serrano, 1959, 196 9; Duarte, 1996; Rocha, 1997; Lage, 2000; Lima, 2006; Avelãs Nunes, 2005, 2010).

No estabelecimento dos documentos técnicos de referência para a análise documental, importa considerar os que eram imprescindíveis por exigência legal na formalização dos pedidos de concessão mineira. Os documentos obrigatórios variaram pouco, ao longo da sucessão de quadros legais que regulamentaram a actividade mineira, desde os meados do séc. XIX até à última década do séc. XX. Para a RMArga os regimes legais a considerar foram os seguintes:

- 1 concessão - Lei de Minas de 31 de Dezembro de 1852;
- 5 concessões - Decreto de 30 de Setembro de 1892;
- 39 concessões - Lei n.º677 de 1917;
- 125 concessões - DL n.º 18713 de 1930.

No séc. XIX, a Lei de Minas, de 31 de Dezembro de 1852, e seu Regulamento, de 9 de Dezembro de 1853, herdaram os princípios estabelecidos pelo Decreto de 25 de Novembro de 1836, derradeiro diploma reformulador do código mineiro de 1557, instituído na Regência de D. Catarina de Áustria. Na Lei de 1852 seguem-se os princípios da "Lei de Minas" francesa, de 21 de Abril de 1810, e começa a notar-se a influência do direito germânico. Os recursos do subsolo

eram encarados como propriedade da Nação, podendo ser concessionada a sua exploração a agentes económicos dignos de crédito. Em 1936 estabeleceu-se a figura do *direito de descoberta*, entendida como uma boa iniciativa para a promoção do desenvolvimento e empreendimento mineiro (Avelãs Nunes, 2005). Na mesma, o requerimento da declaração de descobridor legal de uma mina era apresentado à Junta Consultiva de Obras Públicas e Minas. Este requerimento deveria ser acompanhado pelos seguintes documentos:

- 
- 1) Certidão do registo do Município;
  - 2) Planta do terreno (à escala de 1:1000), onde o interessado indicava a área de pesquisa;
  - 3) Relatório e planta da responsabilidade do Engenheiro dos Serviços de Minas, encarregado do reconhecimento;
  - 4) Descrição da localidade em que a mina se encontrava.
- 

A Junta Consultiva elaborava o parecer sobre o pedido e o *direito de descoberta* era atribuído, a pedido da Junta consultiva (“Vossa Majestade resolverá como melhor for”) por assinatura Real.

Nos finais do séc. XIX, quem tutelava a administração mineira era o Ministério das Obras Públicas, Comércio e Indústria, através da Direcção Geral das Obras Públicas e Minas. O requerimento era feito em nome de um indivíduo ou mais indivíduos, que só pediam a concessão de uma mina na condição de possuírem a declaração de *descobridor legal*. Em conformidade com o Art.78º, do Decreto com Regulamento de Minas, de 9 de Dezembro de 1853, uma concessão provisória, com portaria publicada no Diário do Governo, era considerada *abandonada* se, no prazo de 6 meses, não se satisfizessem as exigências dos Art.ºs. 24º e 25º do Decreto (Lei de Minas) de 1852, a saber: 1) submeter à aprovação do Governo um Engenheiro para dirigir os trabalhos de lavra; 2) apresentar a planta do terreno da concessão, com o plano geral dos trabalhos de lavra.

Pela **Lei n.º 677, de 1917**, os direitos de exploração, tal como na legislação anterior, eram assegurados com uma *nota de manifesto* e uma *certidão de registo*, em sede municipal. Os trabalhos de pesquisa só eram legalmente permitidos mediante o *licenciamento* requerido ao Ministério do Fomento. Depois de consultada a Circunscrição Mineira correspondente e o Conselho Superior de Minas, quem ultimava a licença era a Procuradoria-Geral da República. O pedido de concessão definitiva implicava a posse do *manifesto mineiro*, *direito de descoberta* e a *licença* de pesquisas, a que se acrescentavam os seguintes documentos:

- 
- 1) Requerimento da concessão;
  - 2) Guia (recibo) de pagamento de um depósito (1 120\$00) para formalizar o pedido de concessão;
  - 3) Planta geral na escala de 1/10 000, representando a configuração e topografia do terreno, com indicação do ponto de partida, equivalente ao referido no manifesto mineiro;
  - 4) Planta e cortes longitudinais e transversais dos trabalhos executados ou a executar, na escala 1/1 000;
  - 5) Memória descritiva (incluía: condições do depósito, descrição detalhada do método de exploração, sistema de ventilação, esgoto e extracção, dimensões, entivação, revestimento e métodos de avanço, meios de transporte interiores e exteriores às escavações);
  - 6) Projecto de instalações exteriores;
  - 7) Colecção de amostras da substância mineral útil;
  - 8) Proposta de director técnico e termo de responsabilidade do mesmo;
  - 9) Declaração de fundos da concessionária, com capital necessário para a execução dos trabalhos propostos.
-

Segundo o regime estabelecido pelo DL n.º 18713, de 1930, já não eram exigidos *licenciamentos* para pesquisas, ficando o manifesto mineiro com maior prazo de validade para os trabalhos de reconhecimento (até 2 anos, quando antes eram 6 meses), discriminando-se detalhadamente as dimensões que podiam tomar os trabalhos de pesquisa (galerias, sanjas, poços e furos de sonda). Os documentos que instituíam o processo de concessão eram os seguintes:

- 
- 1) Requerimento da concessão;
  - 2) Manifesto original do registo mineiro (endossado ou não) e a certidão do mesmo;
  - 3) Guia de pagamento de um depósito (200\$00), na tesouraria do município onde se realizou o registo;
  - 4) Planta geral, em tela e duplicada, na escala de 1/10 000, com curvas de nível espaçadas de 10m, menção de todas as circunstâncias topográficas e marcação do ponto central, equivalente ao manifesto mineiro, orientação N-S e indicação de 2 pontos geodésicos.
  - 5) Planta e cortes, em tela e duplicados, dos trabalhos executados ou a executar na escala de 1/1 000 (com a localização das pesquisas necessárias à revelação do depósito);
  - 6) Memória descritiva e justificativa do pedido de concessão, duplicada, com orçamento por estimativa;
  - 7) Projecto, duplicado, de instalações exteriores;
  - 8) Colecção de amostras da substância mineral útil e da rocha encaixante
  - 9) Proposta de director técnico e termo de responsabilidade do mesmo;
  - 10) Guia do pagamento de um depósito (2 000\$00) para formalizar o pedido de concessão;
  - 11) Declaração de fundos da concessionária, prova de capacidade financeira e capital necessário para o empreendimento mineiro;
  - 12) Éditos de Concessão (afixados em sede municipal, no Diário do Governo e em jornais de grande distribuição nacional e regional - expunham a intenção de determinada concessionária mineira pedir uma concessão, formalizando publicamente o pedido e sujeitando-se a possíveis reclamações ou reivindicações);
  - 13) Ofícios da Delegação Regional (CMNorte, no caso da região N de Portugal);
  - 14) Relatório de Reconhecimento de Mina (da responsabilidade da CMNorte, no caso da região N de Portugal);
  - 15) Informação da CMNorte relativamente ao valor económico e industrial do depósito;
  - 16) Auto de demarcação da concessão (polígono onde a concessionária poderia explorar com lavra activa e rendável
- 

Deste processo resultava uma licença provisória e só posteriormente (até um prazo de 3 anos) a mesma concessionária podia avançar um pedido para a concessão definitiva. Perante o pedido de prospecção e pesquisa, com o registo preliminar em sede municipal, quem organizava o processo era a CMNorte, passando um alvará provisório para prospecção. Quando a concessionária pretendia oficializar a exploração definitiva, a CMNorte encaminhava os documentos enumerados para o Conselho Superior de Minas e Serviços Geológicos. Todo este processo era verificado pelo Engenheiro-chefe da Repartição de Minas, que servia de interlocutor entre o Conselho Superior e a concessionária.

As concessões abandonadas, sem trabalhos de lavra (sem manutenção de operações mineiras essenciais como esgoto, ventilação, extracção e preparação mineral), revertiam para o Estado, podendo este concedê-las novamente.

Na década de 30 do séc. XX, era o Ministério do Comércio e Indústria, pelo Conselho Superior de Minas e Serviços Geológicos, quem tratava do processo de requerimento de um pedido de concessão de uma mina abandonada. A declaração de abandono era publicada em Diário do Governo e só podia ser novamente pedida mediante a entrega da seguinte documentação:

- 1) Requerimento para o alvará de concessão;
- 2) Proposta de director técnico (e termo de responsabilidade do mesmo);
- 3) Guia do pagamento de um depósito (2 000\$00) formalizando o pedido de concessão;
- 4) Declaração de fundos (atestando o capital para a lavra mineira)
- 5) Proposta, em carta fechada, de uma quantia a pagar pela mina a partir do valor de licitação estabelecido.

### II.1.2.2. Selecção de elementos documentais técnicos

Na rúbrica anterior foi apresentado o elenco dos documentos que constam num *dossier* mineiro por imposição de cada quadro legal. Reconheceram-se documentos de cariz técnico-mineiro com elementos ou dados descritivos comuns, dentro do universo dos *dossiers* consultados.

Os documentos considerados mais pertinentes e dos quais foi possível encontrar temas e extrair informações (Figura II. 3) correspondem à categoria designada de documento Técnico-Mineiro (Figura II. 4), nomeadamente as subcategorias: *Relatório de Reconhecimento de Mina (RRM)*; *Planos de Lavra (PL)*; *Cartografia Mineira (CM)* (incluía todas as cartas, planta e perfis de elucidação da exploração e trabalhos de pesquisa); *Infra-estruturas Mineiras (IM)* (incluía plantas e alçados de lavarias e anexos de apoio à lavra, como forjas, oficinas, casas de guarda e pessoal, refeitórios e ainda os diagramas ou esquemas de tratamento dos minérios).

TEMAS <i>Informações Pertinentes</i>	MÉTODO OU TÉCNICAS MINEIRAS			INFRA-ESTRUTURAS								
	Tipo de Desmonte	Método de Exploração	Formas de Tratamento	Escavações	Construções de apoio	Lavaria						
	ELEMENTOS DA MINERALIZAÇÃO			ELEMENTOS DO DEPÓSITO FILONIANO			ELEMENTOS DO DEPÓSITO DETRÍTICO					
	Minério-Alvo	Paragénese	Gangas	Distribuição	Encaixante	Morfologia	Atitude	Possança	Teor (Kg/t)	Cobertura	Espessura	Teor (Kg/t)
	MANIFESTO MINEIRO		CONCESSÃO MINEIRA									
	Manifestante	Ano do Manifesto	Início	Concessionário	Arrendatário	Direcção técnica	Produção Declarada	Lavra Suspensa	Pedido de Abandono	Fim	Situação Legal	

Figura II. 4. Conjunto esquemático dos elementos técnicos (mineiros, da geologia do depósito e do processo administrativo da concessão) seleccionados para análise documental de dossiers mineiros.

Estes elementos são extraídos, seguindo a ordem de consulta dos documentos: RRM → PL → C → IM. Esta sequência favorece a verificação da coerência e fidelidade dos dados seleccionados, uma vez que os elementos vão surgindo repetidos e revistos - o RRM é da responsabilidade da CMNorte e incide sobre os mesmos pontos do PL e IM,

assinados pela direcção técnica da concessionária. De forma complementar, consultaram-se também Autos de Visita e Reclamações e Relatórios Anuais que directa ou indirectamente davam conta dos avanços da exploração.

Metodologicamente, analisando esta documentação, pretende-se reconstituir cenários mineiros, zonas de prejuízo declaradas/reclamadas e as formas de solução/intervenção adoptadas nas épocas (ciclos extractivos) em que decorreram os diversos trabalhos mineiros.

### II.1.2.3. Implantação da cartografia mineira antiga - limitações

Na identificação dos vestígios mineiros remanescentes fez-se uso dos elementos documentais, especialmente de índole cartográfica. Contudo, constataram-se debilidades no uso dos cartogramas antigos, sobretudo no que respeitou à sua georreferenciação.

A tarefa preliminar de aquisição da imagem cartográfica foi a fotografia de elevada resolução, garantindo a posição ortogonal dos eixos da câmara em relação ao documento. Os mesmos procedimentos são admitidos para registos equivalentes em cartogramas históricos (Cintra, 2009). Foram ensaiadas condições de luz, estabilidade da câmara e posição do mapa, a fim de garantir um registo capaz de se converter no formato digital, atendendo às dificuldades que seriam inultrapassáveis numa simples *scannerização*.

Os elementos de referência que condicionaram a adequação digital foram a escala, redes e pontos de coordenadas, vértices geodésicos - estes assumidos como pontos de controlo. A maioria dos mapas de demarcação encontram-se referidos a pontos no terreno (fontes, pontes, moinhos, casas particulares, igrejas e capelas), muitos dos quais actualmente não são identificáveis (a partir de 1930 a CMNorte precedeu à actualização dos pontos de demarcação à rede geodésica, referida às coordenadas rectangulares planas ortogonais no sistema, com origem no Castelo de São Jorge).

Em Alves Gaspar (2005) referem-se vários sistemas de projecção empregues na produção cartográfica do início do séc. XX, úteis na compreensão e leitura das quadrículas implantadas sem identificação e cuja legibilidade de intervalos e distâncias está comprometida pelo fraco estado de conservação dos mapas.

Através de georreferenciação, em ambiente SIG (*software* ArcGIS 10 versão 10.0 da ESRI, 2011), cada mapa antigo foi associado um sistema de coordenadas geográficas (longitude e latitude) com o objectivo de facilitar a sua leitura e recuperar a informação geográfica e geológica, determinar e interpretar informações geométricas relativas a afloramentos rochosos ou escavações. Em condições aceitáveis de transposição, foi também possível executar medições com alguma segurança e comparar mapas, sobretudo os de evolução de trabalhos mineiros, com cartas geológicas de pormenor.

Alves Gaspar (2009) refere a georreferenciação como o passo preliminar necessário às operações de actualização cartográfica, devendo generalizar-se a mapas dotados, ou não, de um sistema explícito de coordenadas geográficas.

Neste estudo, e na maioria dos casos, os vértices geodésicos foram os pontos de controlo para georreferenciação. A validação subsequente foi feita com elementos topográficos (tais como talvegues interflúvios, estradas e igrejas). Não obstante, verificaram-se várias inconsistências geométricas, tanto devidas à falta de ajuste do registo fotográfico dos mapas, como também devidas à projecção grosseira dos elementos cartográficos dos mapas originais. Portanto, no caso dos registos de menor qualidade, a georreferenciação foi penalizada ou totalmente impossível.

Um outro aspecto crítico na implantação de cartas mineiras, e que importa referir metodologicamente, é a influência da declinação magnética na geometria das cartas, frequentemente mal interpretada.

A declinação pode ser definida como o ângulo entre meridiano geográfico e o meridiano magnético para cada local e época. Actualmente, a declinação regional é de cerca de 4°W. A monitorização das variações do campo geomagnético no espaço e no tempo, efectuadas ao longo de largos períodos, mostra que as médias anuais das componentes do campo apresentam uma variação lenta, mas muito significativa. Este fenómeno, designado de “variação secular”, tem como consequência a variação da declinação magnética. A variação secular é previsível a curto prazo, tendo, no entanto, de ser recalculada para cada quinquénio segundo o *International Geomagnetic Reference Field* (IGRF).

O valor da variação secular apresenta uma grande coerência espacial, ou seja: locais contíguos mostram valores próximos de variação secular, o que sugere o carácter profundo dos fenómenos que a geram. Desde o séc. XVII que se reconhece existir no padrão do campo magnético da Terra, à superfície, uma deriva lenta para W, devido possivelmente ao movimento diferencial de uma camada terrestre magnetizada. **Bullard (1950)** confirmou a existência dessa “deriva para W” da componente não dipolar do campo e atribuiu-a a uma velocidade de rotação do núcleo externo ligeiramente inferior à do manto, com o valor de 0.2 % ao ano, reflectido no valor da declinação.

As indicações que aqui se fazem em torno da declinação magnética servem para reconhecer a importância deste problema, no momento de implantar cartografia antiga. O período de tempo a que se referem os mapas mineiros analisados para a RMArga – 1876 e 1980 – justifica ajustes do ângulo de cerca de 8-9°E por ano. Estes valores foram verificados para cada mapa mineiro implantado através do calculador de declinação segundo o *World Magnetic Model* para valores a partir de 1900 (**Maus et al, 2010**).

#### II.1.2.4. Projecções estereográficas de depósitos filonianos

As memórias descritivas dos *planos de lavra*, desde a **Lei de Minas de 1917**, incluíam generalizadamente itens discriminados relativos a: **1)** situação e acesso à ocorrência; **2)** características geológicas; **3)** modo de ocorrência do minério; **4)** descrição detalhada do método de exploração; **5)** sistemas de ventilação, esgoto e extracção; **6)** dimensões, tipo de entivação e revestimento das galerias; **7)** métodos de avanço; **8)** meios de transporte interiores e exteriores às escavações; **9)** métodos e infra-estruturas de tratamento do minério.

A partir daqueles elementos descritivos, foram seleccionados os dados documentais, que se indicam na **Figura II.4** (atrás). Concretamente, os que se referem aos depósitos filonianos (atitude, possança e extensão) tiveram tratamento mais aprofundado. Os valores de direcção e inclinação dos filões foram sujeitos a projecção estereográfica. A projecção foi efectuada usando o *software* Stereonet, versão 7 (Allmendinger, 2011).

Os filões explorados nas áreas de concessão são descritos através dos seus estereogramas (**Capítulo IV.4**). Propõe-se uma sistemática dos estereogramas filonianos que serve de base a uma organização dos conjuntos de depósitos filonianos em Faixas Mineiras.

### II.1.2.5. Plantas de lavarias e diagramas de tratamento

As plantas das oficinas de tratamento e as lavarias foram objecto de estudo particular. O reconhecimento de vestígios ou ruínas das infra-estruturas foi feito por campanhas no terreno e por confronto com imagens satélite.

Os diagramas de tratamento descrevem a sequência dos processos aplicados ao tratamento do minério bruto. O conceito de minério bruto equivale muitas vezes ao conceito de “*tout-venant*” e diz respeito ao material que é conduzido para tratamento após desmonte. O estudo de diagramas de tratamento apoiou a discriminação dos resíduos produzidos – cominuição e granulometria dos fragmentos e formas e quantidades de acumulação.

### II.1.2.6. Elementos de referência histórica e administração mineira

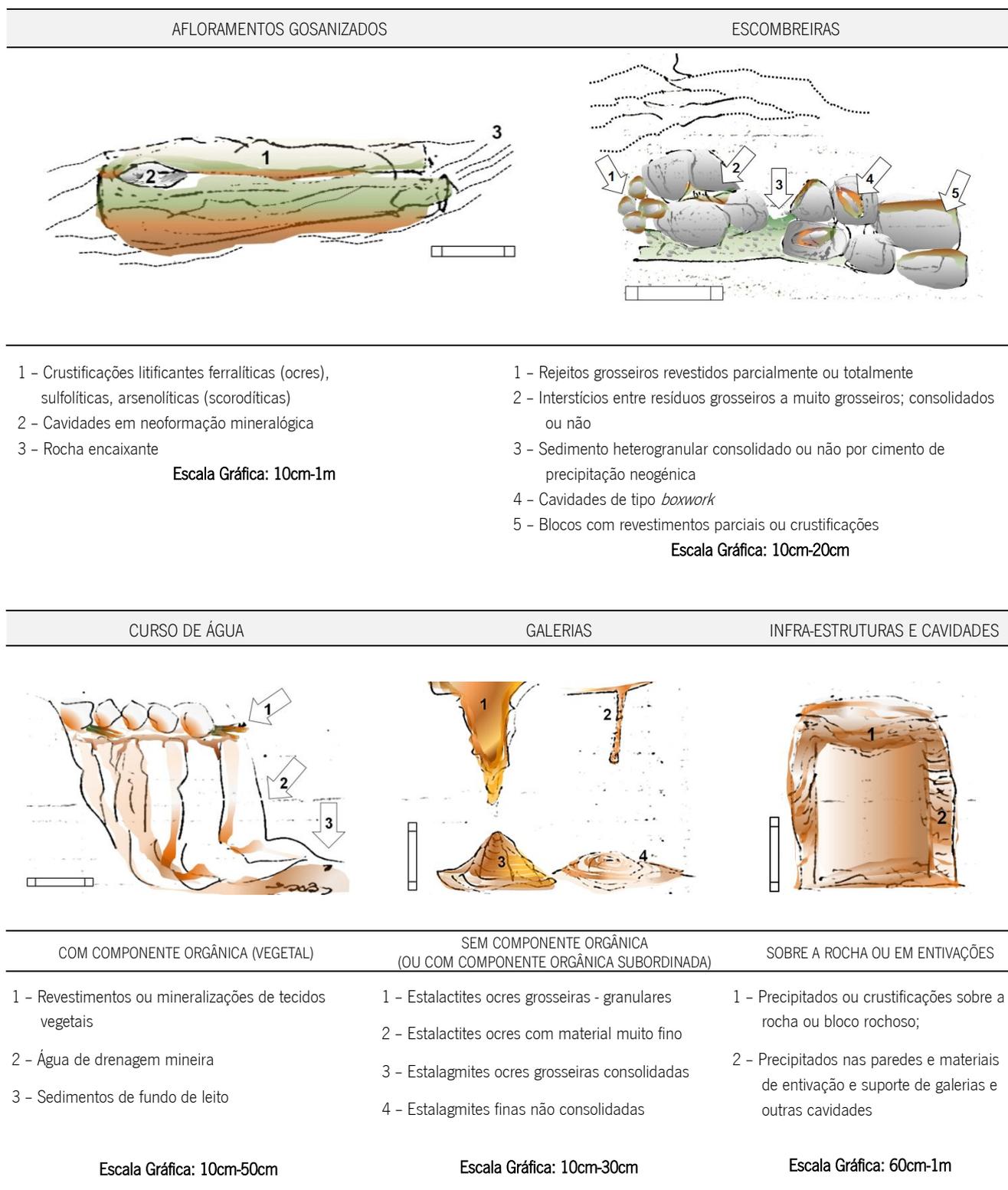
A construção de narrativas mineiras locais não foi aqui objecto de estudo detalhado. Contudo, seleccionaram-se alguns tópicos a desenvolver futuramente e que, agora, apenas são usados para ilustrar a magnitude geral do empreendimento mineiro atribuído à RMArga.

As rúbricas usadas em contexto de ilustração são as seguintes: nomes e profissões dos manifestantes que reclamavam direitos de descoberta das áreas posteriormente concessionadas; nomes, logotipos e sedes de empresas concessionárias; identificação e endereço de directores técnicos.

Os elementos assim recolhidos serviram também para a preparação de entrevistas dirigidas a antigos trabalhadores mineiros.

## II.2. DIAGNÓSTICO AO ESTADO DE EVOLUÇÃO DO EMa

Na **Figura II. 5** representa-se a diversidade de ambientes reconhecidos no EMa, que foram alvo de amostragem e estudo, a que se designou *atualização do EMa*, equivalente a um diagnóstico do seu estado actual.



**Figura II. 5.** Esquemas simplificados da diversidade de ambientes e materiais considerados no diagnóstico do EMa.

Na caracterização destes ambientes consideraram-se os materiais:

- Amostras de mão de afloramentos gossanizados expostos, ou não, pela lavra mineira;
- Amostras de mão de blocos soltos de escombrelras - atende-se a características particulares discriminantes de microambientes:
  1. **extrínsecas aos materiais** (grau de humidade, insolação/temperatura, declive da zona de colheita, influência da bacia hidrográfica sobre a zona de colheita);
  2. **intrínsecas aos materiais** (tamanho/granulometria, fragmentação/cominuição, tempo de permanência, paragénese, reactividade, estado de alteração, estado de coalescência entre partículas finas);
- Precipitados ocre (com e sem estrutura consolidada, em cursos de água ou zonas de percolação/lixiviação no interior de escavações mineiras);
- Drenagens de mina, efluentes ou escorrências superficiais, com conteúdos metálicos complexos e instáveis, e presença de sólidos suspensos e cargas coloidais variáveis (atende-se à existência de comunidades béticas);
- Sedimentos de leito (em cursos de água afectados pela drenagem mineira);
- Sedimentos densos soltos ou obtidos em roços ou canal (em rejeitos mineiros, frentes de desmonte, depósitos aluvionares, ou em zonas de deposição preferencial, em leitos vivos de cursos de água receptores de materiais erodidos dos EMA).

Nos diferentes ambientes reconhecidos no EMA (**Figura II. 5**), estudaram-se características e fenómenos específicos da evolução do impacte ambiental associado à actividade extractiva, tanto no que respeita aos focos de contaminação, como no que respeita aos vectores de dispersão de poluentes.

A evolução geoquímica de EMA também pode suscitar a revisão de indicadores e teores metálicos em materiais dispersos e/ou nas porções remanescentes dos depósitos primários. Nesse sentido, subsidia a revisão ao quadro de recursos base, que podem vir a integrar programas de prospecção, com vista à retoma mineira. Procurou-se manter esta bivalência de interesses na observação dos materiais estudados no EMA.

A descrição de fenómenos de remobilização-concentração-dispersão química não pretende ter aqui uma explicação exaustiva, apresentando-se, antes, como termo de referência na actualização ao EMA e como rumo de investigação desejável.

A determinação da distribuição de elementos químicos fornece um diversificado espectro de soluções tanto para a análise petrogenética, como metalogenética, e bem assim para a análise da dispersão metálica a partir daquelas fontes.

## II.2.1 PROTOCOLOS ANALÍTICOS – ORGANIGRAMAS, TÉCNICAS E EQUIPAMENTOS

Foram estabelecidos protocolos analíticos específicos e diferenciados para os diversos materiais discriminados e amostrados nos diferentes ambientes que se definiram na **Figura II. 5**. Os protocolos analíticos que se seguem têm associada uma descrição sumária das técnicas e equipamentos de análise.

### II.2.1.1. Estudo de Amostras de Mão e de Precipitados

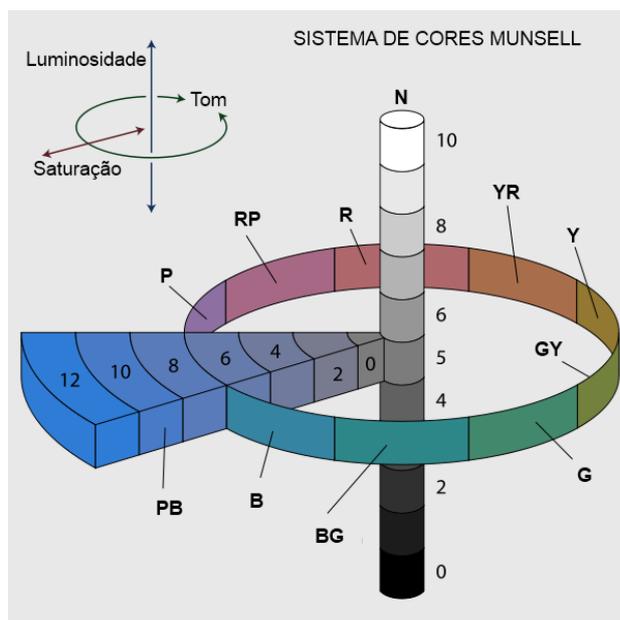
Amostras de mão, obtidas em afloramento, frentes de desmonte ou dispersas em escombreira, foram sujeitas a análise petrográfica, mineralógica e química.

Entre as amostras de mão incluem-se fragmentos de rejeitos soltos em escombreira, ou fragmentos de *tout-venant*, ou ainda frações de afloramentos gossanizados, com ou sem evidências de intervenção mineira, mas ainda assim abrangidos nos perímetros do EMA. São ainda considerados os materiais de neoformação supergênica provenientes de ambientes de drenagem ácida, designados aqui, genericamente, por precipitados ocre, mas que também incluem associações salinas e eflorescências metaestáveis.

Em procedimentos expeditos de caracterização do material amostrado determinou-se por rotina a cor, segundo o sistema de cores MUNSSELL (**Figura II. 6**).

O emprego destes padrões de cor está generalizado na caracterização de solos, apoiando a determinação do conteúdo de matéria orgânica, de óxidos de Fe, graus de hidratação e drenagem, permitindo realizar extrapolações mineralógicas e ambientais (**Botelho da Costa, 2004**).

No caso dos materiais em estudo – neoformações mineralógicas – atribuiu-se, por aproximação, uma gama cromática, segundo o **Geological Rock-Color Chart (2009)**. Neste sistema, a cor é o resultado da combinação de três parâmetros ou medidas visuais: *chroma* (saturação), *value* (luminosidade ou reflexão da luz) e *hue* (tom ou comprimento de onda dominante) (**Figura II. 6**).

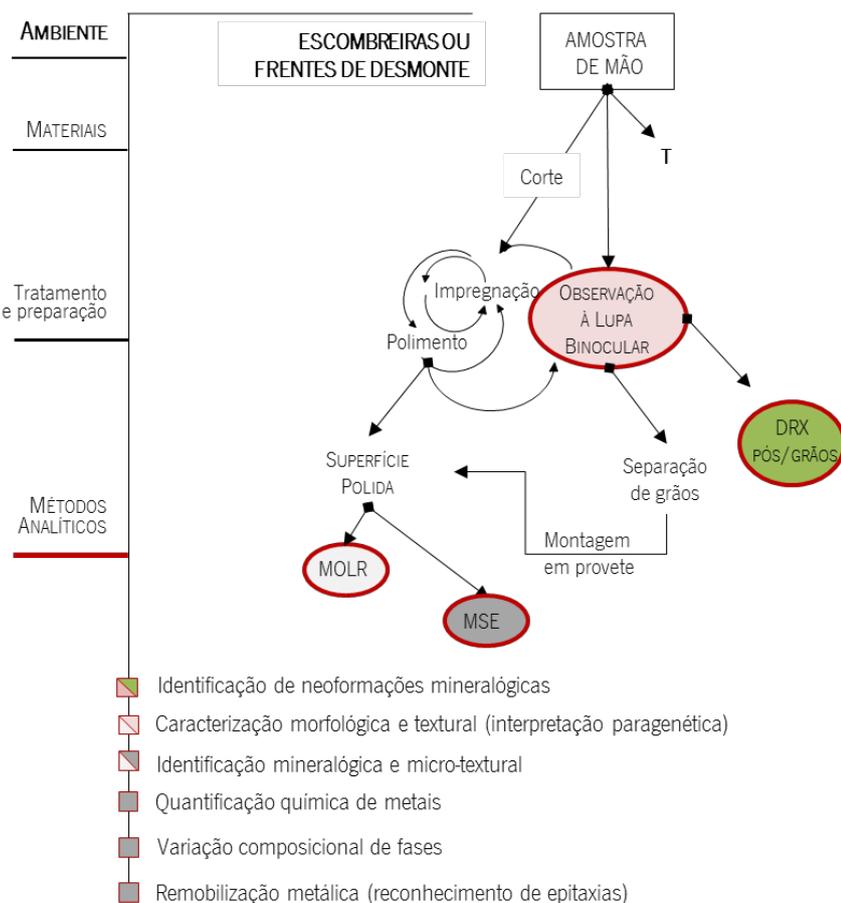


**Figura II. 6.** Parâmetros do sistema de cores Munsell – luminosidade, tom e saturação. Exemplo de um círculo de tons para a luminosidade 5 e saturação 6; um eixo de luminosidade de 0 a 10. São 5 cores principais: Vermelho (R), Amarelo (Y), Verde (G), Azul (B), Violeta (P); e 5 secundárias Laranja (YR), Verde-amarelo (GY), Azul-Verde (BG), Azul-violeta (PB), Vermelho-violeta (RP). Tons designados neutros ou acromáticos são distinguidos pelo parâmetro luminosidade, seguido de N. Adaptado de **MUNSSELL COLOUR SYSTEM (s/d)**.

Na determinação da cor, realizada por comparação ao *Color Chart*, preferiu-se a iluminação com luz natural e, sempre que possível, depois de lavadas e secas as amostras, com excepção de amostras pulverulentas e com grande friabilidade.

Na colheita, manipulação, estabilização e transporte das amostras houve que atender a: pureza química, hidratação, estabilidade química e paragenética, dimensão, hábito e cristalinidade de constituintes cristalinos.

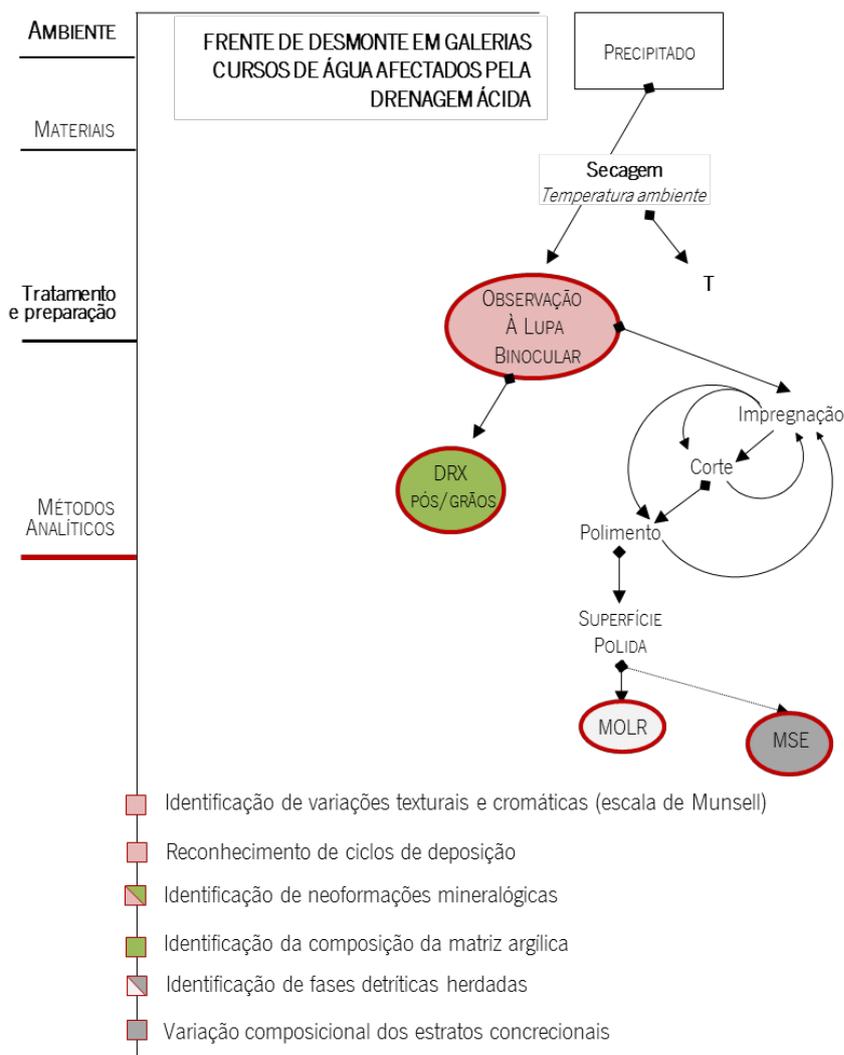
O esquema da **Figura II. 7** ilustra a sequência de tratamentos e métodos analíticos aplicados às amostras de mão, indicando, para cada um deles, os objectivos específicos, associados a código de cores.



**Figura II. 7.** Diagrama analítico para o estudo de amostras de mão provenientes de escombreliras ou frentes de desmonte. ABREVIATURAS: Testemunho (T); Difrakção de Raios-X (DRX); Microscópio Óptico de Luz Reflectida (MOLR); Microsonda Electrónica (MSE).

A identificação mineralógica de rotina foi efectuada por Difrakção de Raio X (DRX) após selecção de espécimes em lupa binocular. A identificação de neoformações mineralógicas supergénicas com elevada hidratação e instabilidade também se efectuou por DRX.

Os materiais do tipo precipitado ocre, colhidos em galerias, cavidades naturais e escombreliras e em contacto com ambientes de drenagem ácida, foram considerados com especiais cuidados pelo facto de serem particularmente difíceis de estabilizar. Por isso, em muitos casos, não lhes foi aplicada toda a bateria de ensaios explícita na **Figura II. 8**



**Figura II. 8.** Diagrama analítico para o estudo de precipitados em cursos de água de diminuto caudal ou zonas de concentração e percolação de águas ácidas de mina. ABREVIATURAS: Testemunho (T); Difração de Raios-X (DRX); Microscópio Óptico de Luz Reflectida (MOLR); Microsonda Electrónica (MSE).

### *Microscopia Estereoscópica (Lupa Binocular)*

Por sistema, todos os materiais (com excepção da água) passaram por uma primeira inspecção visual à lupa binocular ou microscópio estereoscópico - modelo *Leica ZOOM 2000 Z45V*. O conjunto de observações pode ser considerado como microscopia óptica de luz difusa.

Sempre que foi possível, uma primeira identificação de minerais e caracterização de paragénese foi efectuada, usando propriedades morfológicas e físicas diagnósticas e a comparação visual com atlas de referência (Parfenoff *et al*, 1970; Guigues e Devismes, 1969; Devismes, 1986).

Os materiais estudados à lupa foram colhidos em afloramentos, rejeitos mineiros ou sedimentos de leito fluvial ou ainda discriminados em concentrados densos (fracções > 2mm). A identificação preliminar foi auxiliada por alguns ensaios expeditos. A quantificação das fracções de minerais, e/ou grãos constituintes de sedimentos e dos seus concentrados densos foi efectuada por estimativa visual. No caso dos conteúdos de scheelite, as quantificações foram efectuadas

também de forma expedita, mas combinando a observação em lupa binocular com a incidência de luz ultravioleta sobre a amostra.

As amostras com altos conteúdos de sais solúveis não puderam ser sujeitas a secção e polimento para microanálise de superfícies, pelo que a lupa binocular, nesses casos, foi o recurso mais vezes utilizado para a discriminação e estimativa de conteúdo de fases contrastantes. Nas **Figura II. 7** e **Figura II. 8** menciona-se a microscopia óptica de luz reflectida como recurso útil no momento de preparação das superfícies polidas, para selecção e controlo de operações de desbaste e polimento.

A caracterização mineralógica à lupa binocular permitiu também a comparação directa das cores naturais dos espécimes com as gamas cromáticas de Munsell (**Geological Rock-Color Chart, 2009**), aspecto extremamente importante no caso da despistagem de vários termos de hidratação.

A par da observação – com ampliações na ordem dos 20X – 50X – realizaram-se registos fotográficos com a adaptação de uma câmara fotográfica e alguns ajustes técnicos descritos em **Scovil (1996)**.

### *Diffractometria de Raios – X (DRX)*

O difractómetro utilizado sistematicamente foi o equipamento PHILIPS-PW1710, do Laboratório de Raios-X do Dep. Ciências da Terra da Univ. Minho. A discriminação, tanto dos minerais de neoformação supergénica, como dos minerais detríticos, tem sempre uma componente difractométrica.

Foi dada uma atenção especial ao facto de as intensidades características dos picos de difracção poderem ser afectadas por: **1)** orientação das amostras, especialmente no caso dos minerais de argila; **2)** sobreposição de picos de fases minerais distintas, no caso de misturas de minerais finamente granulares; **3)** variação composicional ou estrutural dos minerais, variações de cristalinidade de arsenatos, hidróxidos de Fe e argilas; **4)** contaminações complexas.

A intensidade (e a largura dos picos) depende muito da cristalinidade das fases e dos tipos de misturas presentes nas amostras. Estes aspectos inviabilizam a quantificação difractométrica em amostras compostas.

Não obstante, em alguns casos foi usada a determinação semi-quantitativa da composição mineralógica de pós, na fracção <2mm e <20 µm, com base em picos diagnósticos e sua intensidade relativa. A interpretação dos difractogramas foi apoiada pela comparação com as fichas standard do **International Centre for Diffraction Data (ICDD)**.

Tratando-se de amostras compósitas, em especial as que são oriundas de ambientes de drenagem ácida, a identificação por DRX justifica a consulta de referências da especialidade, tais como **Brindley e Brown (1980)**.

Os difractogramas da fracção <2mm, correspondentes à amostra total, permitem a análise mineralógica por estimativa semi-quantitativa, em particular, para os componentes minerais não argilosos.

Os difractogramas da fracção argilosa (<2µm) foram alvo de maior atenção para a estimativa da composição mineralógica. Nesta fracção não foi possível identificar discriminadamente os minerais de argila, que implicariam metodologias de ensaio para incremento do contraste, como lâminas orientadas, testes de temperatura e ataque ácido.

O difractor operou com ampola de Cu e monocromador de grafite, sob radiação  $K\alpha$  de 40kV e 30mA. Em rotina fez-se a leitura de dados entre  $2^\circ$  e  $70^\circ$  ( $2\theta$ ), com incrementos de  $0.02^\circ$ . Os tempos de aquisição variaram consoante a quantidade e a natureza das amostras. Para a identificação das fases presentes nas amostras recorreu-se ao *software* X'Pert Analyser.

### *Microscopia Óptica de Luz Transmitida e Luz Reflectida (MOL - T/R)*

A descrição petrográfica de rochas, paragéneses primárias das mineralizações e seus produtos de alteração oxidativa, fez-se no microscópio petrográfico por observação de superfícies polidas (luz reflectida) e lâminas delgadas (luz transmitida), num equipamento *NIKON ECLIPSE E400WPOL*.

As montagens de provetes e polimentos das respectivas superfícies foram feitas para fragmentos de amostras de mão, precipitados e ainda material particulado – sedimentos, concentrados densos, minerais destacados e flutuantes em cavidades. Os ensaios laboratoriais para a obtenção do melhor esquema de preparação de superfícies foram feitos no Lab. de Lâminas do Dep. Ciências da Terra da Univ. Minho.

Estes materiais foram impregnados em resina *epóxi*, tipo *epoThin* (BUEHUR ref. 20-8140-016), com endurecedor (3:1). Só algumas amostras beneficiaram de secagem em estufas com vácuo (em alguns ensaios efectuados no Laboratório de Lâminas do LNEG – Porto – São Mamede Infesta). A generalidade das montagens foi apenas seca em estufa (aprox.  $40^\circ\text{C}$ ), impregnada e polida com pastas monocristalinas até 6 *micron* (BUEHUR ref. 40-6162).

As observações em MOLR permitiram a identificação e petrografia de minerais e associações opacas, sobretudo sulfuretos e suas bordaduras de alteração-reacção. Na análise comparada de texturas, usaram-se como referência os atlas:

- I) Minérios, minerais opacos e seus produtos de alteração (Ramdohr, 1960; Augustithis, 1995; Ixer e Duller, 1998, Pracejus, 2008);
- II) grãos de minerais densos transparentes (Mange e Wright, 2007).

O recurso ao MOLR apoiou também as operações de controlo e adequabilidade do polimento de superfícies para prosseguimento microanalítico em MSE.

Na observação e descrição de organismos resistentes em ambientes de drenagem ácida, as ampliações de 50X a 200X em MOLR/T revelaram-se adequadas perante preparações extemporâneas.

### *Microscópio Electrónico de Varrimento (MEV)*

Determinadas amostras de mão e precipitados ocreos foram analisados em microscópio electrónico na Univ. Minho, com o equipamento FEG-ESEM (MEV de Ultra-Alta Resolução) e ainda no Centro de Materiais da Universidade do Porto (CEMUP) com o equipamento FEG-ESEM (MEV ambiental de efeito de campo Cryo-SEM).

Para obtenção da composição semi-quantitativa recorreu-se à espectrometria de dispersão de raios X (gama de 0KeV a 15KeV). Na análise em MEV, em modo electrões retrodifundidos (MEV-ER), obtiveram-se imagens de contraste de

fase ou contraste de número atômico. Em modo electrões secundários (MEV-ES), obtiveram-se imagens topográficas que permitiram o reconhecimento morfológico de cristais.

A aplicação de MEV-ER permitiu detectar a presença de determinadas fases de alto brilho inclusas em minerais e estruturas vegetais mineralizadas. Também foi útil na identificação de texturas de exsolução, zonamentos e intercrescimentos em grãos e fragmentos.

O revestimento das amostras, *tal-qual*, foi efectuado com Au. Em superfícies polidas optou-se pelo C, dada a baixa interferência na identificação mineralógica e composição química das fases.

### *Microsonda Electrónica (MSE)*

As microanálises por varrimento de superfície e análise pontual em microsonda electrónica (MSE) foram realizadas em fragmentos de amostras de mão preparados em superfícies polidas e provetes de  $\varnothing=25\text{mm}$  e em grãos de concentrados de bateia em provetes de  $\varnothing=40\text{mm}$ .

As análises foram realizadas nos laboratórios do LNEG (Porto - S. Mamede de Infesta), com o equipamento Hyperprobe JEOL JXA-8500F, com 5 espectrómetros por dispersão de comprimento de onda (WDS), 1 espectrómetro por dispersão de energia (EDS) e detectores de electrões secundários (SE) e retrodifundidos (RE). As amostras foram revestidas a carbono.

As análises de óxidos foram obtidas com um feixe de electrões de energia 15 kV e uma corrente de 10 nA. O tempo de contagem para elementos maiores variou de 20 a 40s e elementos menores até 120s (ex. In), o diâmetro de feixe utilizado de 1  $\mu\text{m}$  para a maioria das análises.

As análises de sulfuretos foram realizadas com um feixe de electrões de energia 20KV e uma corrente de 20 nA. O tempo de contagem para cada elemento foi de 20s e o diâmetro de feixe foi de 1  $\mu\text{m}$  para a maioria dos elementos.

Os padrões utilizados e as riscas dos elementos analisados foram os seguintes: fluorite (F  $K\alpha$ ); ortoclase (Al  $K\alpha$ , Si  $K\alpha$ , K  $K\alpha$ ); apatite (P  $K\alpha$ , Ca  $K\alpha$ ); MgO (Mg  $K\alpha$ ); cassiterite (Sn  $L\alpha$ ); MnTiO<sub>3</sub> (Mn  $K\alpha$ , Ti  $K\alpha$ ); blenda (Zn  $K\alpha$ , S  $K\alpha$ ); pirite (S  $K\alpha$ , Fe  $K\alpha$ ); galena (Pb  $M\alpha$ ); volastonite (Ca  $K\alpha$ , Si  $K\alpha$ ); cuprite (Cu  $K\alpha$ ); Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Cr  $K\alpha$ ); Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Fe  $K\alpha$ ); AsGa (As  $L\alpha$ ); Au ( $M\alpha$ ); Ni ( $K\alpha$ ); Ag ( $L\alpha$ ); Co ( $K\alpha$ ); Cd ( $L\alpha$ ); Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub> (Sb  $L\alpha$ ); Ta ( $M\alpha$ ); Nb ( $L\alpha$ ); Mo ( $L\alpha$ ) e W ( $L\alpha$ ,  $M\alpha$ ), SrTiO<sub>3</sub> (Sr  $K\alpha$ ); InP (In  $L\alpha$ ); Ge ( $L\alpha$ ); Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> (Se  $L\alpha$ ); Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> (Bi  $M\alpha$ ).

#### II.2.1.2. Estudo de Sedimentos em Drenagens Mineiras

O estudo realizado em sedimentos, obtidos em cursos de água e cortas mineiras, apoiou-se em métodos de análise granulométrica, mineralométrica e geoquímica, relacionados na Erro! A origem da referência não foi encontrada. e seguidamente detalhados.

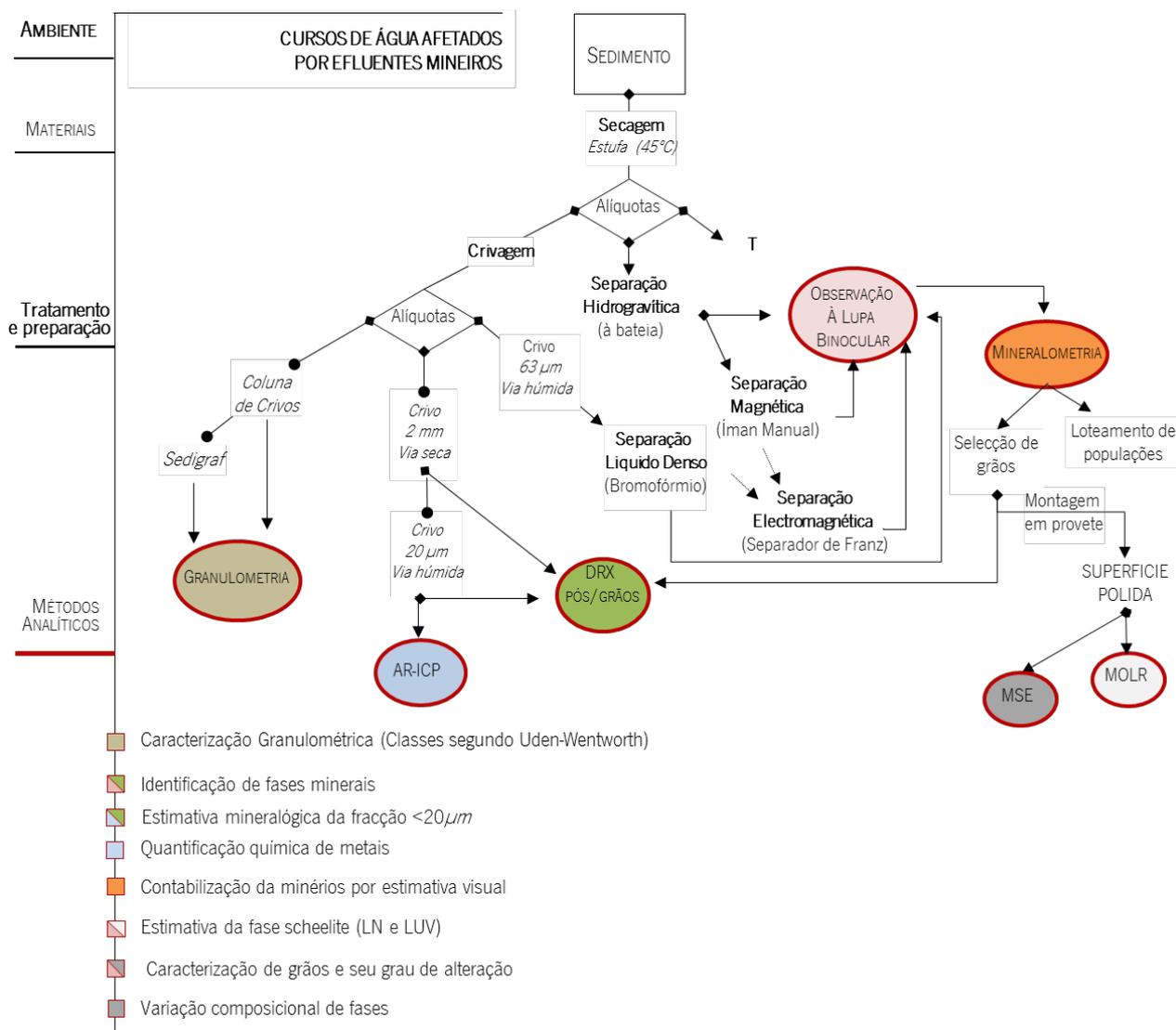


Figura II. 9. Diagrama analítico para o estudo de sedimentos de leito fluvial em cursos de água afetados por drenagem de origem mineira. ABREVIATURAS: Testemunho (T); Difração de Raios-X (DRX); Microscópio Óptico de Luz Reflectida (MOLR); Microsonda Eletrónica (MSE); Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivo Acoplado, extracção química com *Água Régia* (AR - ICP).

### Análise Granulométrica

A análise granulométrica de sedimentos de leito grosseiros, afetados por drenagem ácida, foi realizada por crivação, em coluna de crivos, do sistema ROTAP, para obtenção de classes granulométricas acima dos 63µm. A análise foi realizada no Lab. Sedimentologia do Dep. Ciências da Terra da Univ. Minho.

A série de crivos usada permitiu uma análise granulométrica de pormenor, com as malhas: (8000 - 5660); (5660 - 4000); (4000 - 2830); (2830 - 2000); (2000 - 1410); (1410 - 1000); (1000 - 707); (707 - 500); (500 - 354); (354 - 250); (250 - 177); (177 - 125); (125 - 88); (88 - 62); (<math><62</math>), unidades em µm. Efectuou-se a crivação via seca, com agitação vertical e horizontal. O tempo foi aproximadamente de 10 a 15 minutos, para amostra da ordem de 100 - 200g.

A análise granulométrica dos sedimentos finos, fracções abaixo de 63µm, foi feita por sedimentação em meio líquido, com o equipamento *SediGraph* 5100, da *Micrometrics*. O princípio deste método assenta no movimento de partículas esféricas em fluidos viscosos. A determinação granulométrica é obtida pela medição da velocidade de queda das

partículas e pela determinação da massa de cada fracção, por absorção parcial de Raios-X de baixa energia, aplicando a *Lei de Stokes* (Alveirinho Dias, 2004). A análise foi contínua, operou entre os 100  $\mu\text{m}$  e 0,5  $\mu\text{m}$ , durante cerca de 20 minutos. Os resultados estão expressos em diâmetros equivalentes, sendo directamente comparáveis com métodos que utilizem a velocidade de sedimentação e diâmetros equivalentes.

A caracterização textural foi feita segundo os parâmetros estatísticos de Folk e Ward (1957) com o *software* GRADISTAT versão 4.0 (Blott e Pye, 2001).

### *Mineralometria de sedimentos*

Em amostras de sedimentos de leitos de escorrência e sedimentos densos em zonas de concentração hidrogravítica preferencial, ao longo de cursos de água, foi efectuada o apuramento à bateia da fracção de minerais pesados. Em escombrelas foram amostradas zonas de acumulação e arrasto de material pela acção da chuva. Foram ainda amostrados roços em secções escolhidas de algumas frentes de desmonte.

Uma alíquota, não concentrada à bateia, foi usada para ensaio de separação com líquido denso (bromofórmio, a 25°C, densidade máxima 2,89 kg/L). Crivou-se a 63  $\mu\text{m}$  antes de separar com o líquido denso - procedimento realizado no Lab. de Separações Mineralógicas do Dep. de Ciências da Terra da Univ Minho.

Crivaram-se e pesaram-se todos os lotes concentrados à bateia, nas fracções acima e abaixo de 63  $\mu\text{m}$ . Com íman manual foram separados os minerais de mais elevada susceptibilidade magnética de ambas as fracções. Procedeu-se a observações à lupa binocular das fracções > 63  $\mu\text{m}$  (identificação mineralógica; caracterização morfológica, morfoscópica e granulométrica de cristais/grãos de cada espécime ou população; caracterização de pátinas ou outras formas de alteração de grãos ou agregados).

O estudo mineralométrico da fracção > 63  $\mu\text{m}$  incluiu a estimativa da proporção de minérios (volframite, scheelite, cassiterite, niobiotantalatos e ouro, etc.) e gangas (sulfuretos, granadas, anfíbulas, piroxenas, turmalinas, apatite, quartzo, micas, óxidos de Fe e Ti).

A estimativa visual foi feita por comparação com ábacos de Terry e Chillingar (1955) (Figura II. 10)

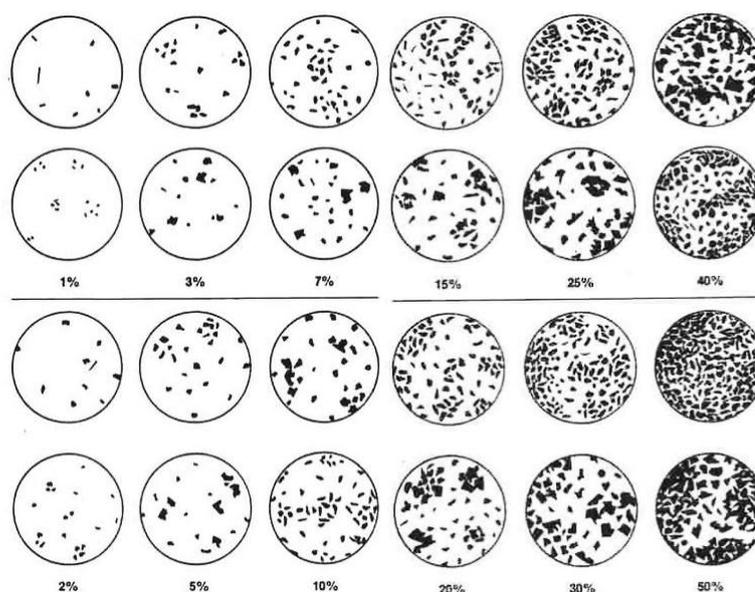


Figura II. 10. Ábacos usados na estimativa visual dos conteúdos de fases minerais (Terry e Chillingar, 1955)

Além da estimativa visual, o estudo mineralométrico visou caracterizar a diversidade morfológica e morfoscópica e de formas de alteração nas diferentes populações dos concentrados densos. Também foram separados os minerais com

diferentes susceptibilidades magnéticas na fracção <63  $\mu\text{m}$ , com o equipamento Separador Magnético Frantz – inclinações: frontal 25° e lateral 15°. Os valores de referência para a susceptibilidade magnética de minerais foram obtidos de Parfenoff (1970).

Considerou-se, ainda, para efeitos de descrição da cor do grão e das superfícies de alteração, a escala de cores Munsell (**Geological Rock-Color Chart, 2009**). As gamas utilizadas para sedimentos em cursos de drenagem ácida incluíram os vários códigos de cor 5YR e 10YR.

#### *Análise química de sedimentos (fracção <20 $\mu\text{m}$ )*

Os sedimentos de leito foram amostrados, nos mesmos pontos de recolha de água e efluente. Em cada ponto colheram-se aproximadamente 2 a 4 Kg de amostra. A quantidade dependeu grandemente da natureza do leito, nomeadamente, presença de material vegetal, de resíduos grosseiros, de crustificações ou precipitados ocre, justificando, por vezes, a colheita de amostras compósitas. Cada amostra foi colhida até à profundidade de 20cm sob uma coluna de água variável de 5 a 20 cm. Na colheita usou-se pá em aço, a conservação e transporte foram feitos em saco plástico.

As amostras foram secas em estufa, à temperatura de 30°C, até atingir um peso constante. Procedeu-se a quarteamento, desagregação e crivagem na fracção de 2mm, por via seca, numa preparação preliminar. Em nova crivagem agora por via húmida, na fracção <20  $\mu\text{m}$ , separou-se uma alíquota de 0,5g para análise química.

As amostras de sedimentos (fracção <20  $\mu\text{m}$ ) foram analisadas no *Activation Laboratories Ltd.* (Actlabs, laboratório acreditado pela norma ISO 17025) por Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivo Acoplado (ICP/OES, *Inductively Coupled Plasma / Optica Emission Spectrometry*). Os procedimentos indicados pelo laboratório para a análise química por ICP/EOS (código de análise 1E1, **Actlabs, 2012**) incluem a digestão da amostra com *Água Régia* (AR) durante 2 horas, a 95°C. A extracção química por *água régia* (combina ácido clorídrico concentrado e ácido nítrico) permite dissolver a maioria dos sulfuretos, alguns óxidos e silicatos. As fases resistentes à extracção química incluem: zircão, monazite, titanite, cromite, barite, entre outros, em que se inclui a maioria dos silicatos (**Actlabs, 2012**). O conjunto de silicatos e óxidos é ligeira a moderadamente atacado, dependendo do grau de cominuição. A maioria dos metais-base e o Au podem ser dissolvidos, se a amostra for suficientemente moída. Segundo o mesmo procedimento, após o ataque ácido, as amostras são arrefecidas e diluídas com água desionizada (**Actlabs, 2012**). As soluções são analisadas por ICP-OES para um conjunto de 31 elementos.

Na **Figura II. 9** indicam-se os elementos químicos analisados para os sedimentos de leito (indicando ainda os elementos obtidos para este estudo da análise química de águas de escorrência e drenagem ácida) e os correspondentes métodos analíticos adoptados, que posteriormente se apresentam. Os limites de detecção estão reunidos na **Tabela II.8**.

LEGENDA (TÉCNICAS DE ANÁLISE QUÍMICA)

	HR - ICP-MS (água)		ICP/OES (AR) (sedimento)
	ICP-MS (água)		sem análise
	ICP/OES (água)		

Figura II. 11. Elementos químicos analisados nos diferentes materiais (água e sedimentos) segundo as técnicas analíticas: espectrometria de massa com plasma indutivo acoplado (ICP-MS) de alta resolução (HR); espectrometria de emissão óptica com plasma indutivo acoplado (ICP-OES), extração por água régia (AR). Nota: os lantanídeos ou elementos Terras Raras (TR) foram analisados por ICP-MS (drenagem de mina) e HR - ICP-MS (águas de escorrência superficial em EMa).

### II.2.1.3. Estudo de Escorrências e Drenagens Mineiras

O estudo realizado em escorrências e drenagens mineiras – águas e efluentes – ao longo de cursos permanentes, sazonais ou em zonas de acumulação ou escorrência superficial baseia-se em protocolos hidrogeoquímicos para soluções e dispersões aquosas. Paralelamente ao estudo de materiais neofornados em escombreira, nomeadamente arsenatos de ferro, foi realizada colheita de água de escorrência superficial em escombreas, galerias e trincheiras em EMa na RMArga – Castelhão e Fulão. Com propósito comparativo, foi ainda realizada uma amostragem similar nos EMa de Tibães, Adoria e Penedono. Na Tabela II.2 apresentam-se as referências espaciais e de contextualização sumária do local.

EMa	ESTAÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE	LOCAL	DATA DE COLHEITA (P - dia pluvioso)
Castelhão	CV	41°53'17.63"N	8°46'23.70"W	s/influência	02/2009 (P)
	CE	41°53'22.06"N	8°46'22.51"W	escombreira	
Fulão	FV	41°49'24.30"N	8°40'39.15"W	s/influência	02/2009 (P)
	FT	41°49'23.36"N	8°40'40.10"W	trincheira	
	FG	41°49'29.58"N	8°40'42.05"W	galeria	
Tibães*	TV	41°32'54.72"N	8°28'46.53"W	s/influência	07/2009 (P)
	TE	41°33'6.97"N	8°28'47.46"W	escombreira	
	TT	41°33'0.80"N	8°28'39.30"W	trincheira	
Adoria	AV	41°27'7.11"N	7°50'55.34"W	s/influência	02/2009 (não P)
	AE	41°27'6.11"N	7°50'50.15"W	escombreira	
	AG	41°27'5.18"N	7°50'53.53"W	galeria	
Penedono	PV	41° 2'7.27"N	7°25'8.75"W	s/influência	02/2009 (não P)
	PE	41° 0'54.31"N	7°24'26.00"W	escombreira	
	PG	41° 0'53.03"N	7°24'24.09"W	galeria	

Tabela II.2. Coordenadas geográficas, identificação dos locais e datas (mês/ano) em que se realizou a colheita de água de escorrência superficial para o estudo de neofornações scorodíticas (s/influência - sem influencia directa dos materiais de escombreira). As datas seleccionadas tiveram em conta a precedência de períodos pluviosos. \*O EMa de Tibães, dada a cobertura vegetal e o declive acentuado nas zonas em que se reconheceram escavações e escombreas, mostrou dificuldade acrescida no acesso e amostragem de água. A mediação dos parâmetros FQ em campo foi realizada sob más condições (pouca água para leitura e/ou elevada pluviosidade).

Em contexto geoambiental, com implicação severa de efluentes de drenagem ácida de mina – EMA de Valdarças –, adoptou-se o programa de monitorização estabelecido em **Valente (2004)**, nomeadamente: indicadores físico-químicos, mineralógicos e as estações de monitorização (**Tabela II.3**). Este programa incidiu sobre um curso de água (Ribeiro do Poço Negro) que drena uma área mineira com escombrelas e galerias de Valdarças.

No Ribeiro do Poço Negro podem distinguir-se “ambientes”, ou seja, zonas de impacte diferenciável, tal como foi definido em **Valente (2004)**, a saber: **V3** – zona de nascente do ribeiro, nível de base da escombrela; **05A** – zona de exurgência natural que conflui no ribeiro; **V4, V5 e V9** – curso do ribeiro com inclinação em patamares desnivelados e irregulares; **V7** – último troço do ribeiro, antes da confluência com o Rio Coura e com outros ribeiros.

A amostragem no rio Coura, em pontos distintos, serve para caracterizar o fundo regional e avaliar o efeito da descarga de efluentes mineiros: **C1** a montante dos efluentes de Valdarças; **C4 e C4I** representam a confluência do ribeiro com o rio Lima, zona de mistura; **C6, C11 e C12**, o rio a jusante.

**Tabela II.3.** Estações de amostragem ou pontos de colheita com respectivas distâncias (em metros) ao foco principal de contaminação (escombrela de Valdarças). As estações foram definidas no programa de monitorização ambiental de Valente (2004), retomado em Alves (2007).

ESTAÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE	COTA	DISTÂNCIA	ZONAS SIGNIFICATIVAS	
V3	41°52'25.77"N	8°42'37.66"W	194	166	Ribeiro do Poço Negro	Curso superior - exurgência da escombrela maior – <b>Zona de contaminação</b>
05A	41°52'26.88"N	8°42'39.71"W	187	291		Exurgência Natural – <b>Zona de neutralização</b>
V4	41°52'29.03"N	8°42'42.25"W	180	374		Curso médio (inclinação aprox. de 40° - patamares irregulares)
V5	41°52'31.17"N	8°42'46.23"W	150	544		
V9	41°52'32.32"N	8°42'48.66"W	143	744		
V7	41°52'37.80"N	8°42'53.25"W	97	1164		Curso inferior - Zona de confluência com outros cursos – <b>Zona de neutralização</b>
C1	41°52'43.91"N	8°42'21.35"W		1200 aprox.		Rio Coura
C4	41°52'39.58"N	8°42'55.58"W	78	1300	Foz do Ribeiro do Poço Negro – <b>Zona de confluência</b>	
C4I	41°52'40.77"N	8°42'58.47"W	80	1414	<b>Poço Negro</b> – estrutura de aprofundamento acentuado do leito	
C6	41°52'47.02"N	8°43'4.98"W	75	1604	Área de exploração mineira eluvionar-coluvionar	
C11	41°52'56.63"N	8°45'41.34"W	32	12404	Filões e estratos mineralizados aflorantes no leito do Rio Coura	
C12	41°53'14.99"N	8°47'22.41"W	25	14974	<b>Zona Jusante</b>	

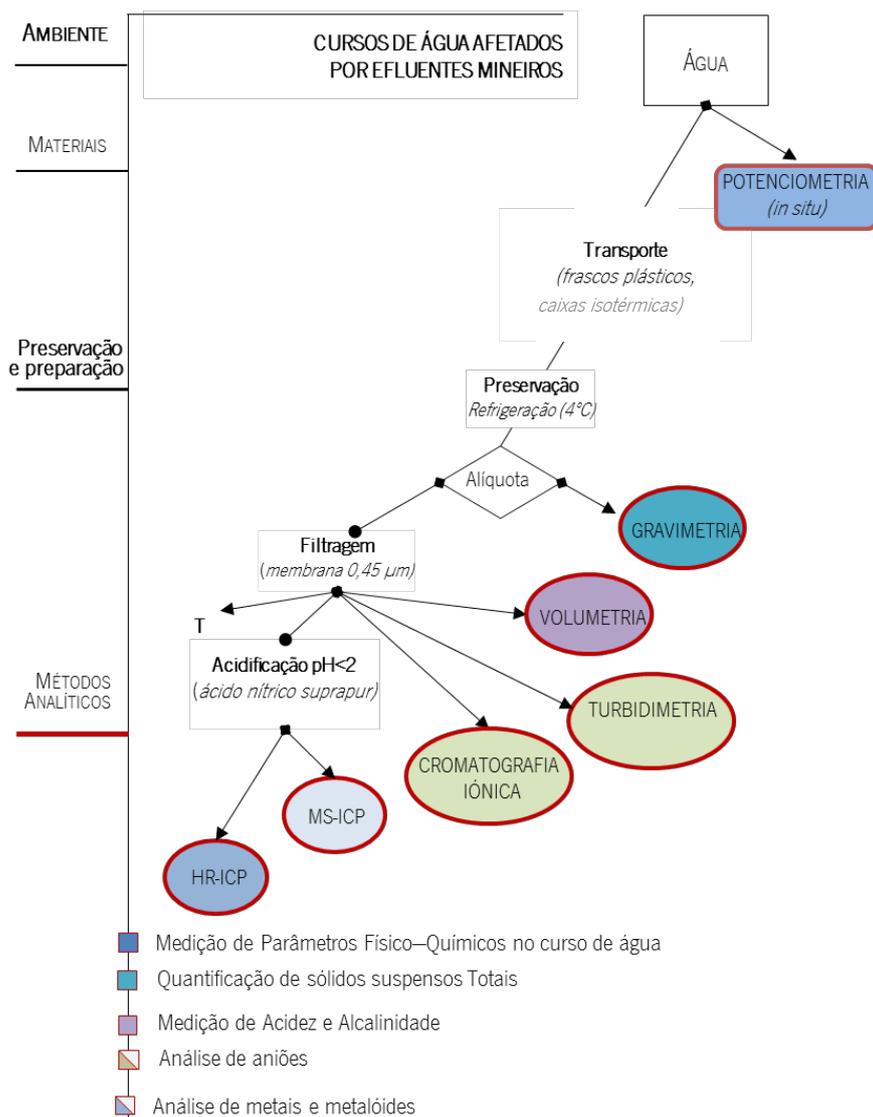
Atendendo à importância da sazonalidade para a interpretação dos resultados, apresenta-se na **Tabela II.4** o calendário das colheitas que foram efectuadas sobre efluentes, águas e sedimentos.

**Tabela II.4.** Calendário de amostragem hidrogeoquímica levada a cabo no EMA de Valdarças. Amostragem: **A** – água, **S** – sedimento; **MAIÚSCULAS A NEGRITO** – materiais sujeitos a análise química por ICP; - não amostrados

	02-2007	05-2007	09-2007	02-2008	06-2008	09-2008	03-2009	06-2009	09-2009	03-2010	06-2010	04-2010	03-2011
V3	A	A	-			S	A + s	a + S	-	A	a	a	A
05A	-	-	-			A + S	A + s	A + S	A	A	A	A	A
V4	A	-	A			A + S	A + s	A + S	A	A	A	A	A
V5	-	-	-			A + S	A + s	a + S	A	a	a	a	a
V9	A	-	A			A + S	A + s	A + S	A	A	A	A	A
V7	A	A	A			A + S	A + s	A + S	A	A	A	A	A
C1	A	-	-			A + S	A + s	a + S	A	A	a	A	A
C4	-	-	-			A + S	A + s	a + S	A	A	a	A	A
C4'	-	-	-			A + S	A + s	a + S	A	A	a	A	A
C6	A	A	A			A + S	A + s	a + S	A	A	a	A	A
C11	A	-	A			A + S	A + s	a + S	A	A	a	A	A
C12	-	-	-			A + S	A + s	a + S	A	A	a	A	A

Foram também considerados como termos comparativos, dois cursos de água que drenam de escombrelas de resíduos grosseiros e trincheiras profundas – Ribeira de Santa Justa e Regato de Água Levada – nas áreas de Serra de Santa Justa e Estorãos, EMA de Santa Justa, vertente SE da Serra d’Arga. Os locais de amostragem foram abreviados como SSSJ e EST. Procedeu-se nestes cursos à amostragem de água e sedimentos em Maio de 2011.

O esquema da **Figura II. 12** ilustra a sequência de tratamentos e métodos analíticos aplicados às amostras de água, indicando objectivos específicos, associados aos códigos de cores.



**Figura II. 12.** Diagrama analítico para o estudo de água, provenientes de escorrências ou cursos receptores de drenagens afectadas por resíduos ou infra-estruturas mineiras. Enumeração dos objectivos da análise. ABREVIATURAS: Testemunho (T); Espectrometria de Massa com Plasma Indutivo Acoplado (MS-ICP); Espectrometria de Massa de Alta Resolução com Plasma Indutivo Acoplado (HR - ICP)

### Análise físico-química

A amostragem de água e efluentes implicou a adopção de procedimentos especiais, que a natureza das amostras exige, favorecendo a fidelidade dos resultados analíticos (Valente, 1996, 2004; Lobarinhas, 2011), entre os quais: 1) estabelecimento de uma sequência e períodos de colheita para os vários pontos de amostragem (nos pontos mais

próximos do foco de contaminação, proceder à amostragem no período da manhã); **2)** realização da amostragem numa posição pré-estabelecida da coluna de água e, semelhante em todos os pontos (20-10 cm abaixo da superfície); **3)** leitura dos parâmetros expeditos na mesma posição amostrada, ou próximo dela; **4)** colheita de igual quantidade de amostra (2L); **5)** utilização de frascos de colheita e conservação sempre com características padrão (polietileno de alta densidade); **5)** realizar uma pré-lavagem dos frascos, enxaguando com a água a amostrar; **6)** utilização de luvas na amostragem; **7)** transporte para o laboratório em caixa isotérmica.

Os parâmetros registados em campo, designados de expeditos, incluíram: temperatura (T), pH, potencial Redox (Eh), condutividade eléctrica (CE) e oxigénio dissolvido (OD). Usou-se o equipamento multiparamétrico *Orion Star 5*, com os eléctrodos: pH/T (pH/ATC eléctrodo *Triode*, ref. 91-07W); CE (*Sonda DuraProbe*, ref. 0133030 *Tetracon 96*); Eh (Eléctrodo de Pt Ag/AgCl, ref. 96.78); OD (*Sonda ORION*, mod. 08310MD). Os eléctrodos foram calibrados em laboratório, no dia anterior às medições, com soluções padrão (pH=4,01 e pH=6,98) a 25°C.

Em laboratório as amostras foram filtradas com membrana de porosidades 0,45 µm e armazenadas em condições de refrigeração < 4°C. As alíquotas (250 ml) tiveram seguimento analítico distinto: volumetria, gravimetria, cromatografia iónica, turbidimetria, análise química multielementar. Os tratamentos particulares para os vários prosseguimentos analíticos são apresentados nas secções seguintes.

As técnicas e os métodos de análise físico-química desenvolvidos no Departamento de Ciências da Terra – Univ. Minho, similares aos que se descrevem em **Valente (1996, 2004)**, estão resumidos na **Tabela II.5**.

	PARÂMETROS	TÉCNICAS	MÉTODOS DE REFERÊNCIA
LABORATORIAIS	<b>ANÁLISE DE ANIÕES</b>		
	Brometo, Cloreto, Fluoreto, Fosfato, Nitrato, Nitrito	Cromatografia Iónica com Supressão Química	S-9 ( <b>Metrohm, 2000</b> )
	Sulfato	Cromatografia Iónica Turbidimetria	S-9 ( <b>Metrohm, 2000</b> ) Standard Methods 4500 E
	<b>ANÁLISE DE PARÂMETROS FÍSICO - QUÍMICOS</b>		
	Acidez (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Volumetria	Standard Methods 2310 B
	Alcalinidade (mg/L CaCO <sub>3</sub> )		Standard Methods 2320 B
	Sólidos suspensos totais (mg/L)	Gravimetria	Standard Methods 2540 D
EXPEDITOS <i>In situ</i>	pH		Standard Methods 4500H B
	Potencial redox (RmV)		Standard Methods 2580 B
	Temperatura (°C)	Potenciometria	Standard Methods 2550 B
	Condutividade (µS/cm)		Standard Methods 2510 B
	Oxigénio dissolvido (mg/L)		Standard Methods 4500 G

**Tabela II.5.** Parâmetros, técnicas e métodos analíticos. Os protocolos analíticos encontram-se em **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1985)** e foram consultados em **AWWA (1992)**, seguindo a estrutura proposta em **Valente (2004)**, e retomada de **Alves (2007)**.

A determinação da concentração de aniões (fluoreto, cloreto, nitrito, brometo, nitrato, fosfato e sulfato) em solução de águas de escorrência superficial e drenagem de mina realizou-se por **cromatografia iónica**. A concentração dos aniões presentes na amostra (previamente acidificada, pH < 2) é feita através da detecção da condutividade após supressão química. Os limites de detecção do método apresentam-se na **Tabela II. 6**.

Nas amostras com concentrações superiores às indicadas (e com alto conteúdo de sólidos suspensos) procedeu-se a diluições, a fim de evitar a saturação. Para garantir precisão, o equipamento é sujeito a calibração frequente e ensaios regulares com soluções de diluição padrão.

**Tabela II. 6.** Espécies determinadas por cromatografia iónica (C).

ANIÕES	UNIDADES	Limite de Detecção (mg/L)	
		Superior	Inferior
Fluoreto	(mg/L F)	50	0,01
Cloreto	(mg/L Cl)	75	0,01
Nitrito	(mg/L NO <sub>2</sub> )	75	0,01
Brometo	(mg/L Br)	250	0,01
Nitrato	(mg/L NO <sub>3</sub> )	75	0,01
Fosfato	(mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	125	0,03
Sulfato*	(mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	375	0,03

O equipamento usado foi o *Metrohm Modelo 761 Compact IC*, do Lab. de Águas do Dep. Ciências da Terra da Univ. do Minho, segundo procedimento S-9 (Metrohm, 2012) para 6 aniões em água natural de superfície.

Para o efluente de Valdarcas Valente (2004) verificou que a análise do sulfato por cromatografia iónica era pouco eficiente, obrigando à realização de sucessivos ciclos de análise para a quantificação de aniões como cloreto e fluoreto, afectando ainda análises posteriores em outras amostras. Por essa razão, foram respeitadas as condições analíticas propostas pela Autora na realização da cromatografia e, nas amostras com composição essencialmente sulfatada, procedeu-se à análise do sulfato por **turbidimetria** (*Standard Methods* 4500 E).

O conteúdo de *sólidos suspensos totais* (SST) presentes nas amostras de água foi quantificado por **gravimetria** (*Standard Methods* 2540 D). A amostra foi filtrada com filtro padrão de fibra de vidro. O resíduo retido no filtro foi seco (com temperatura entre 103 e 105 °C) até se obter um peso constante. Para a filtração utilizou-se 250 mL de cada uma das amostras. O valor de SST foi calculado pela expressão:  $SST = [(A - B) \times 1000] / \text{Volume filtrado}$ , em que **A** representa o peso do filtro + resíduo seco (mg) e **B** representa o peso do filtro (mg).

Para quantificar a capacidade de reacção da amostra com uma base forte, num determinado valor de pH, foram realizados ensaios de acidez por **volumetria**; o método de referência utilizado para a determinação da acidez total foi o *Standard Methods* 2310B e para a alcalinidade total o *Standard Methods* 2320B.

### *Análise química de água e efluentes*

Para análise química multielementar as amostras de água foram acidificadas (pH <2), optando-se pelo método de espectrometria de massa com plasma indutivo acoplado (ICP-MS, *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*) para 59 elementos, incluindo elementos Terras Raras (código 6 ICP/MS, Actlabs, 2012). As amostras de água com elevada concentração nos elementos Al, As, Ca, Co, Cu, Fe, Mn e W (acima do limite de detecção do ICP-MS) foram reanalisadas por ICP-OES (código 6 ICP/OES *overrange*, Actlabs, 2012).

Para as amostras de efluentes mineiros e escorrências superficiais com relativa influência mineira (EMa de Castelhão, Fulão, Adoria, Penedono, Tibães) optou-se pela análise por ICP-MS de alta resolução (HR – ICP-MS), (código 6 HR- ICP/MS, Actlabs, 2012). Os limites de detecção para os vários métodos de ICP apresentam-se nas tabelas seguintes.

**Tabela II.7.** Limites de detecção na quantificação química por ICP de água de escorrência nos EMA Fulão, Castelão, Tibães, Adoria e Penedono e águas, efluentes e sedimentos dos EMA de Valdarcas e Santa Justa.

EMa	ÁGUA			SEDIMENTO
	Escorrência superficiais		Ribeiro do Poço Negro - Rio Coura   Ribeiro d'Água Levada	
	Fulão, Castelão, Tibães, Adoria e Penedono		Valdarcas, Santa Justa - Estorãos	
Elemento / Método de Análise	HR - ICP-MS Limite de detecção (ppb)	ICP-MS Limite de detecção (ppb)	ICP/EOS Limite de detecção (ppb)	ICP/EOS (AR) Limite de detecção (ppm)
Ag	0,002	0.2	-	0,2
Al	1,4	2	100	100
As	0,04	0.03	30	10
Au	0,0001	-	-	-
B	2	-	-	-
Ba	0,004	0.1	-	1
Be	0,001	0.1	-	1
Bi	0,0003	0.3	-	10
Ca	0,005	700	100	100
Cd	0,0003	0.01	-	0,5
Co	0,001	0.005	2	1
Cr	0,006	0.5	-	2
Cs	0,001	0.001	-	-
Cu	0,01	0.2	2	1
Fe	0,1	10	10	100
Ga	0,001	0.01	-	-
Ge	0,001	0.01	-	-
Hf	0,0001	0.001	-	-
In	0,0001	0.001	-	-
K	1	30	-	100
Li	0,03	1	-	-
Mg	0,2	2	-	100
Mn	0,1	0.1	10	2
Mo	0,004	0.1	-	2
Na	20	5	-	100
Nb	0,0001	0.005	-	-
Ni	0,05	0.3	-	1
P	-	-	-	10
Pb	0,003	0.01	-	2
S	-	-	-	10
Rb	0,04	0.005	-	-
Sb	0,001	0.01	-	10
Sc	0,01	1	-	1
Se	3	0.2	-	-
Si	-	200	-	-
Sn	0,006	0.1	-	10
Sr	0,01	0.04	-	1
Ta	0,001	0.001	-	-
Te	0,001	0.1	-	-
Th	0,00002	0.001	-	-
Ti	0,01	0.1	-	100
Tl	0,0001	0.001	-	-
U	0,0001	0.001	-	-
V	0,0004	0.1	-	1
W	0,001	0.02	5	10
Y	0,0003	0.003	-	1
Zn	0,4	0.5	-	1
Zr	0,001	0.01	-	1
	45 elementos	44 elementos	8 elementos	31 elementos

Tabela II.8. Limites de detecção na quantificação de elementos Terras Raras (TR) em água, caracterização e principais índices usados.

TR	HR – ICP-MS Limite de detecção (ppb)	ICP-MS Limite de detecção (ppb)	Limite de detecção superior (ppm)		Cálculos associados à análise de TR
La	0,001	0,001	200	} TR leves	Somatórios: $\sum TR = La+Ce+Pr+Nd+Sm+Eu+Gd+Tb+Dy+Ho+Er+Tm+Yb+Lu$
Ce	0,001	0,001	200		
Pr	0,0001	0,001	200		
Nd	0,001	0,001	200	} TR intermédios	$\sum TR \text{ leves} = La+Ce+Pr$ $\sum TR \text{ intermédios} = Nd+Sm+Eu+Gd+Tb$ $\sum TR \text{ pesados} = Dy+Ho+Er+Tm+Yb+Lu$
Sm	0,0002	0,001	10		
Eu	0,0002	0,001	100		
Gd	0,0001	0,001	100		
Tb	0,0001	0,001	200		
Dy	0,0001	0,001	10	} TR pesados	Índice de Ce: $Ce/Ce^* = Ce/\sqrt{(LaN \times PrN)}$  Índice de Eu: $Eu/Eu^* = Eu/\sqrt{(SmN \times GdN)}$
Ho	0,0001	0,001	100		
Er	0,0001	0,001	100		
Tm	0,0001	0,001	100		
Yb	0,0001	0,001	200		
Lu	0,0001	0,001	200		

### II.2.1.4. Estudo de Organismos e Materiais Orgânicos em Cursos com Drenagem Ácida

O material biológico recolhido em campo foi estudado com base em observações estereoscópicas, de microscopia óptica e electrónica (Figura II. 13).

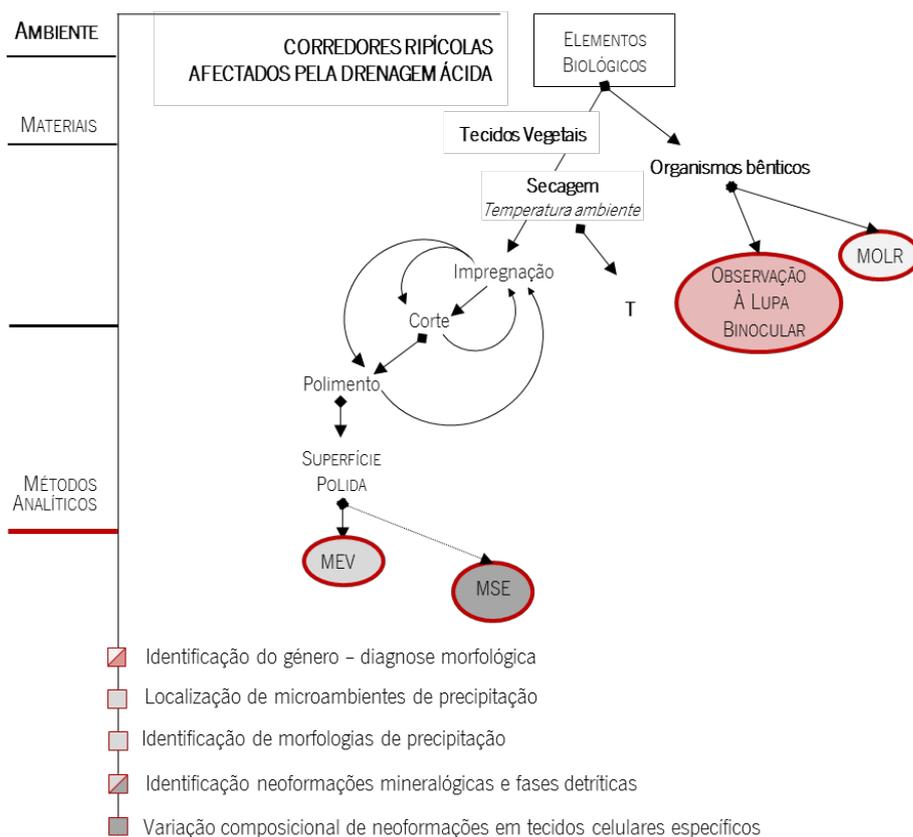


Figura II. 13. Diagrama analítico para o estudo de tecidos vegetais crustificados com precipitados ocre, em cursos de água afectados por drenagem ácida de mina. ABREVIATURAS: Testemunho (T); Microsonda Electrónica (MSE); Microscópio Electrónico de Varrimento (MEV); Microscópio Óptico de Luz Reflectida (MOLR).

Amostraram-se algas acidófilas e protozoários que, em alguns casos, puderam ser identificadas até ao Género e caracterizados por microscopia óptica. Obtiveram-se imagens ilustrativas da morfologia diagnóstica das algas, bem como a sua relação com outros organismos. Serão igualmente considerados os resultados de um projecto preliminar sobre o estudo de mineralizações em folhas e rizomas de caules da vegetação que integra o corredor ripícola do principal curso com drenagem ácida – Ribeiro do Poço Negro (Rodrigues, 2011 e Faria, 2012).

A preparação deste material incluiu ensaios de polimento, em secções, posteriormente observadas por MOLR, com prosseguimento analítico para MEV – ER e MEV-DE (dispersão de energias).

## II.2.2. REFERENCIAIS PARA O TRATAMENTO ANALÍTICO

A distribuição quantitativa dos elementos químicos considerou a tipologia de abundâncias relativas conhecida como sistema decádico, a qual foi introduzida por Fersman (1939), (Figura II. 14). Esta forma de apresentação e relação contempla a distribuição desigual dos constituintes químicos pelos diferentes ambientes e estados de concentração/diluição/deposição/lixiviação. Os padrões de distribuição devem-se às condições de migração dos meios de suporte, à estrutura atómica dos elementos químicos e suas posições na tabela periódica, e à alteração das condições físico-químicas ambientais.

100-10% 1 000 000 – 100 000 ppm	10-1% 100 000 – 10 000ppm	1-0,1 % 10 000 – 1000ppm	1000 - 100ppm	100 - 10 ppm	10 – 1 ppm	1 - 0,1 ppm	0,1 – 0,01ppm	0,01- 0,001ppm	<0,001ppm
O 47,0	Al 8,1	Ti 0,5	P 930	V 90	Gd 9	Lu 0,8	Hg 0,08	Pt 0,005	Re
Si 20,1	Fe 4,7	Mn 0,1	H 700	Cr 83	Sm 9	Sb 0,5	Ag 0,07	Au 0,004	Xc
	Ca 3,0		F 660	Zn 83	U 4	I 0,4	Sc 0,05	Te 0,001	Ra
	K 2,5		Ba 650	Ce 70	Ta 3	In 0,3	Ar 0,04	He 0,001	Rn
	Na 2,5		S 470	Ni 58	Hf 3	Tm 0,3	Pd 0,01	Re 0,001	
	Mg 1,9		Sr 340	Cu 47	Sn 3	Cd 0,1	Bi 0,01	Ir 0,001	
			C 230	Li 32	Br 3			Rh 0,001	
			Cl 170	Y 29	Cs 3			Os 0,001	
			Zr 170	Nb 20	Be 2			Ru 0,001	
			Rb 150	Ga 19	As 2				
				N 19	Eu 1				
				Co 18	Ge 1				
				Pb 16	Tl 1				
				Th 13	Mo 1				
				B 12	W 1				
				...	...				
Σ 76,1% 761000ppm	22,7% 227000ppm	0,6% 6000 ppm	4,670 ppm	685 ppm	≈70 ppm	≈3 ppm	≈0,3 ppm	≈0,02 ppm	<0,001ppm

Figura II. 14. "Sistema Decádico" para a distribuição dos elementos químicos, neste caso os valores são Clarkes arredondados (de acordo com Fersman, cit por Rosler e Lange, 1972).

A classificação das águas de escorrências superficiais e de drenagem fez-se segundo o diagrama de Fickin *et al* (1992). Neste relaciona-se a variação do somatório das concentrações de Zn, Cu, Cd, Ni, Co e Pb e o pH (Figura II. 15).

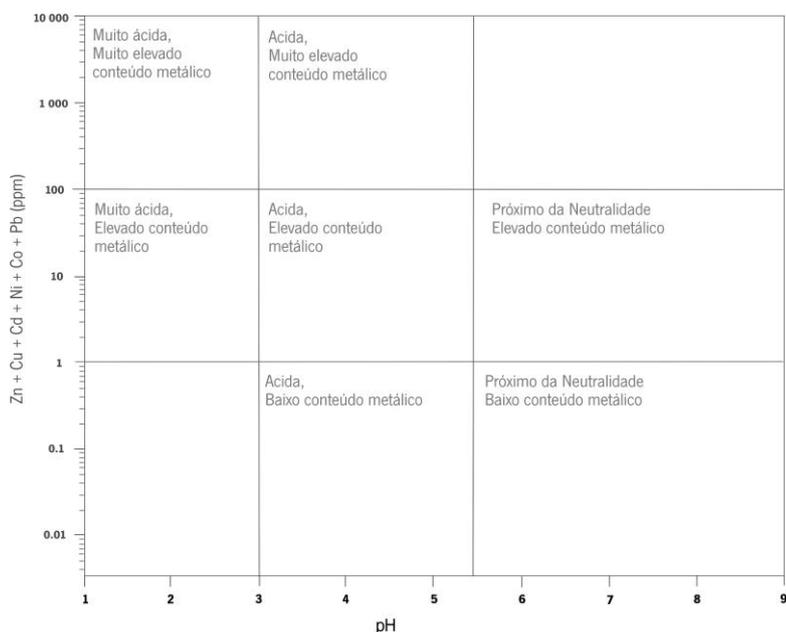


Figura II. 15. Diagrama de Ficklin para classificação da água de drenagem mineira e de cursos fluviais receptores da drenagem.

Sempre que possível relacionaram-se os conteúdos hidrogeoquímicos obtidos nas amostras de água analisadas com os valores paramétricos consagrados na legislação portuguesa, nomeadamente no DL n.º 306/2007, que estabelece o regime da qualidade da água destinada ao consumo humano. Este diploma apresenta parâmetros e valores de referência que corroboram os estabelecidos pelo DL n.º 236/98, mais discriminado quanto a requisitos a observar na utilização das águas para consumo e suporte da vida aquícola, banhar e para rega.

Tabela II. 9. Elementos analisados neste estudo que são considerados no DL n.º 306/2007 como parâmetros obrigatórios (parâmetros cujo valor não pode ser ultrapassado pela água destinada ao consumo humano; \*parâmetros indicadores (estabelecidos apenas para efeitos de controlo cujos valores devem ser considerados como valor guia) e respectivos valores paramétricos nas unidades referidas.

Parâmetros obrigatórios	Valor Paramétrico	Parâmetros obrigatórios	Valor Paramétrico	Parâmetros indicadores	Valor Paramétrico	Parâmetros indicadores	Valor Paramétrico
As	10 µg/L	NO <sub>3</sub>	50 mg/L	*Al	200 µg/L	*CE	2500 µS/cm a 20°C
B	1 mg/L	NO <sub>2</sub>	0,5 mg/L	*Ca	-	*pH	≥ 6,5 e ≤ 9
Cd	5 µg/L	SO <sub>4</sub>	250 mg/L	*Fe	200 µg/L		
Cr	50 µg/L			*Mg	-		
Cu	2 mg/L			*Mn	50 µg/L		
Ni	20 µg/L			*Na	200 mg/L		
Pb	25 - 10 µg/L			*Cl	250 mg/L		
Sb	5,0 µg/L						
Se	10 µg/L						

O estudo hidrogeoquímico das águas de drenagem, e dos cursos receptores desenvolveu-se paralelamente ao estudo geoquímico de sedimentos de leito, muito embora a amostragem de sedimentos não se tenha efectuado no decorrer de todas as campanhas de amostragem de águas e efluentes. Na projecção e análise dos dados hidrogeoquímicos e mineroquímicos recorreu-se ao *software* GCDkit para *Windows*, versão 2.1.1 (Janousek *et al.*, 2006). Convencionalmente, este *software* substitui os valores abaixo do limite de detecção pela sua metade.

Os levantamentos em campo beneficiaram da integração dos dados num SIG, com o *software* ArcGIS, versão 10 (ESRI). De forma complementar, toda a informação foi lançada em *software* de imagem satélite - *Google Earth™ Mapping Service e Flash Earth© Microsoft Corporation* - para as áreas em estudo. As imagens orbitais proporcionadas pelo *Google Earth™* provêm do sensor *Digital Globe*. A resolução espacial definida por unidade de área de uma imagem possui uma resolução que varia entre 2,4 m e 70-60 cm, com razoável detalhe.



# III. CAPÍTULO

## REFERÊNCIAS GEOGRÁFICAS E ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E MINEIRO

---

### REFERÊNCIAS GEOGRÁFICAS

Componentes fisiográfica, hidrográfica e geometeorológica  
Aptidões, Uso e Ocupação do Solo

### ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

Tectónica e domínios estruturais  
Síntese litostratigráfica

### ENQUADRAMENTO MINEIRO

Enquadramento Histórico  
Enquadramento legal  
Antigas áreas de Concessão Mineira no Norte de Portugal  
Concessão para a reabilitação de áreas mineiras abandonadas

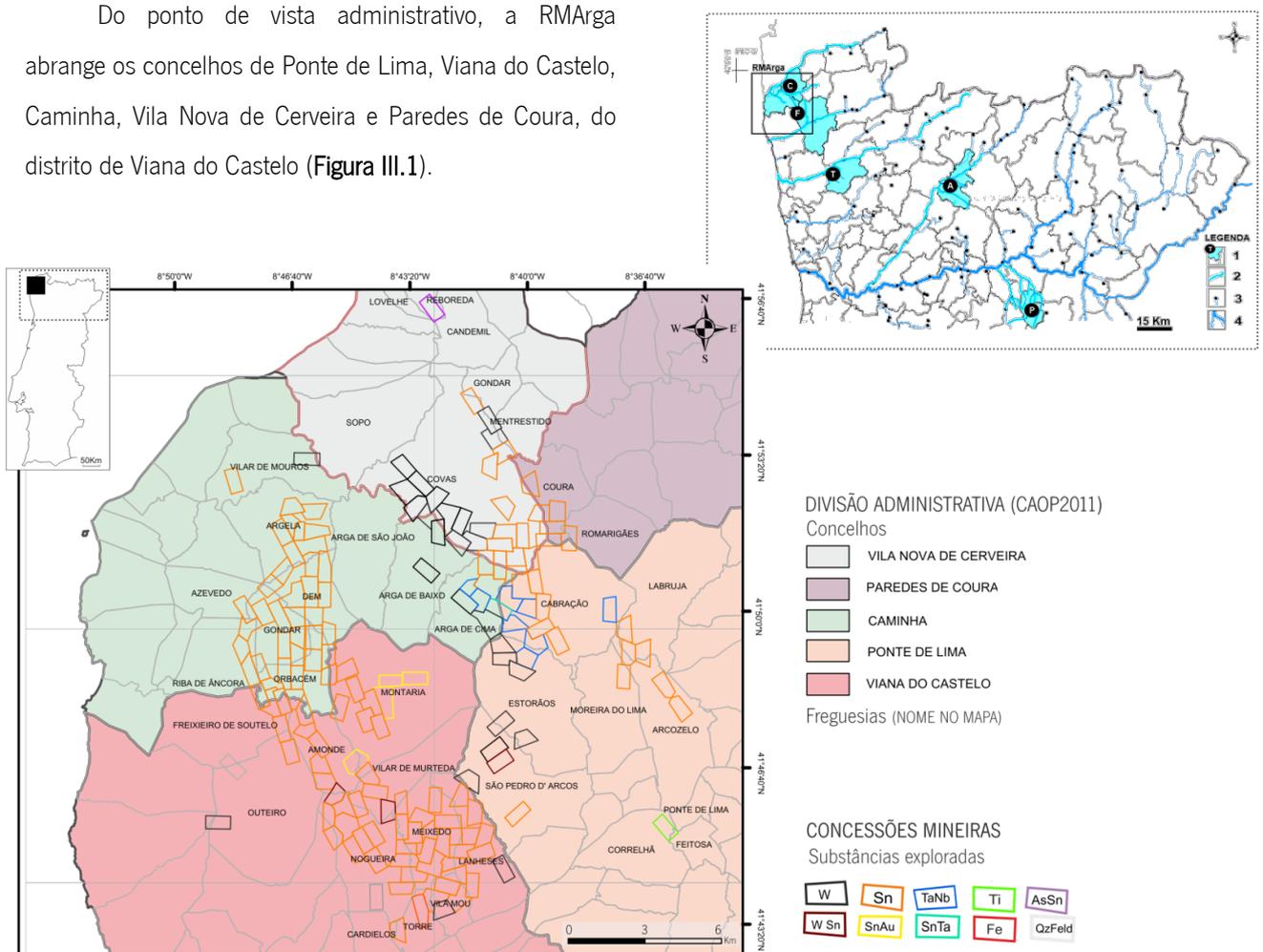


### III. REFERÊNCIAS GEOGRÁFICAS E ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E MINEIRO

A principal área de estudo circunscreve a Serra d'Arga, no NW de Portugal, a que se designou Região Mineira d' Arga (RMArga). Esta abrange as folhas 1C (Teixeira e Assunção, 1961) e 5A (Teixeira *et al.*, 1972) da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000; e a folha 1 (Pereira *et al.*, 1989) na escala 1:200 000. Além da RMArga, foram realizadas amostragens pontuais, com relevância comparativa, nos EMA de Tibães (Braga), Adoria (Vila Real) e Penedono (Viseu), representados pelas letras T, A e P no mapa administrativo do Norte de Portugal, na **Figura III.1**

A localização das concessões mineiras está representada à escala 1:500 000 da Carta Mineira de Portugal (Thadeu, 1960). Os polígonos das concessões antigas foram obtidos da base de dados SIORMINP (LNEG, s/d).

Do ponto de vista administrativo, a RMArga abrange os concelhos de Ponte de Lima, Viana do Castelo, Caminha, Vila Nova de Cerveira e Paredes de Coura, do distrito de Viana do Castelo (**Figura III.1**).



**Figura III.1.** Limites administrativos que dividem a RMArga (CAOP, 2011). Localização no N de Portugal dos EMA em que incidiram amostragens pontuais. LEGENDA (Norte de Portugal): 1- Concelho que circunscreve o EMA amostrado; 2- Cursos de água receptores de drenagem mineiras; 3- Estações Hidrométricas (INAG, 2006); 4 - Rede hidrográfica principal.

Algumas referências geográficas e de Ordenamento do Território dos municípios referidos constam na **Tabela III. 1**. De uma maneira geral, reconhece-se que conteúdos de índole mineira, recursos minerais, património geomineiro,

ou impacte ambiental especificamente associado à actividade extractiva passada não vêm expressos nos instrumentos de Ordenamento do Território destes concelhos.

**Tabela III. 1.** Referências geográficas (área e altimetria) e de Ordenamento do Território dos municípios que abrangem a área de estudo maior. Dados dos Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT), Planos Directores Municipais (PDM), Planos Especiais de Ordenamento do Território (PEOT) obtidos do **INE (2012)**; das concessões obtidos do SIORMINP (**LNEG, s/d**)

	Área (km <sup>2</sup> )	Altitude (m)		PMOT (Áreas em km <sup>2</sup> )				PDM	PEOT (planos aprovados)		CONCESSÕES MINEIRAS	
		máx	min	Usos do Solo (Urbano)	Equipamentos e Espaços Verdes (Urbanos)	Industria	Turismo		Ano de publicação (situação)	N.º Áreas Protegidas	Orla Costeira	N.º Áreas (fora da RMArga)
CAMINHA	136,5	805	0	20,63	0,75	0,35	0,40	1995 (em rev.)	1	1	47	23,5
PAREDES DE COURA	138,2	884	125	12,09	0	0,33	0	1995 (em rev.)	1	-	4+(6)	5
PONTE DE LIMA	320,3	831	3	40,11	2,71	3,20	0	2005	1	0	24+(6)	15,5
VIANA DO CASTELO	319,0	822	0	58,17	6,02	3,32	0,62	2008	2	1	62*	31
VILA NOVA DE CERVEIRA	108,5	635	0	11,22	0,63	0,62	0,03	1995 (em rev.)	1	0	21	10,5

\*não se incluem áreas de concessão mineira dedicadas a massas minerais (ex. caulino)

A caracterização geográfica regional permite identificar singularidades nas componentes fisiográfica e hidrográfica que condicionam os usos e ocupação dos solos, a distribuição da população, as redes de comunicação e as infra-estruturas. Na RMArga, as áreas de concessão mineira ocupam mais de 10% do espaço geográfico e administrativo (**Tabela III. 1**), abrangendo uma grande diversidade de formas do relevo em várias unidades geomorfológicas regionais. A geomorfologia, nas suas componentes, terá tido relativa influência na demarcação do espaço mineiro. Por seu turno, as concessões mineiras terão, também elas, exercido influencia na ocupação territorial.

### III.1. REFERÊNCIAS GEOGRÁFICAS

As referências geográficas, nas componentes de topografia, hidrografia e climatologia foram lançadas sobre as Folhas 6 (Vila Nova de Cerveira), 7 (S. Pedro da Torre - Valença), 14 (Caminha), 15 (Paredes de Coura), 27 (Vila Praia de Âncora), 28 (Ponte de Lima), 40 (Viana do Castelo), 41 (Geraz do Lima), da Carta Topográfica de Portugal, à escala 1:25 000, do Instituto Geográfico do Exército (IGE). O cruzamento desta informação com a distribuição das áreas de concessão permitiu identificar aspectos geomorfológicos e da ocupação do solo, relevantes na contextualização da RMArga.

#### III.1.1. Componentes fisiográfica, hidrográfica e geometereológica

Trata-se de uma região montanhosa, marcada por elevações graníticas das quais se destaca, em posição central a Serra d'Arga. Nas regiões limítrofes identificam-se as Serras de Antelas-Formigoso (E-SE), as Serras de Perre - Santa Luzia - Outeiro (SW-W) e as elevações do Monte de Góios - Serra de Covas (NW-N). O modelo digital do terreno (**Figura III. 2**) permite identificar condicionantes morfogenéticos naturais, referentes à fisiografia, hidrografia e sua relação com a litologia e estrutura.

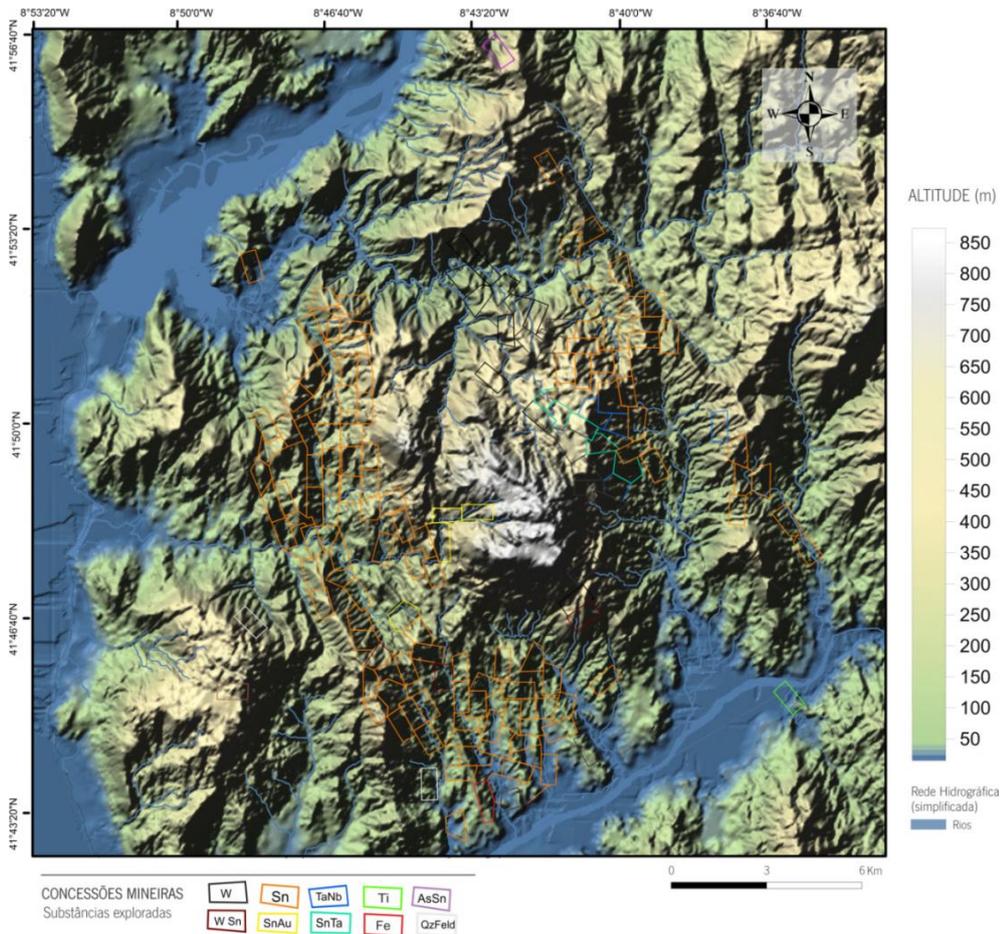


Figura III. 2. Modelo de elevação digital do terreno (MDT) correspondente à área de estudo maior, com implantação das áreas de concessão mineira antigas, retiradas da Base de Dados SIORMINP (LNEG, s/d).

Os relevos mais importantes estão dispostos paralelamente à linha de costa que constituem uma barreira a ventos húmidos do Atlântico. Essa barreira materializa-se no conjunto de Serras de Santa Luzia, de Perre e de Arga.

Sobressaem destes relevos, vales profundamente encaixados, vertentes de forte declive e topos por vezes aplanados. Entre o relevo da plataforma litoral e as serras do NW desenvolveu-se um sistema de relevo intermédio com vales amplos, de fundo aplanado e vertentes abruptas. Os interflúvios destes vales, mal conservados, reflectem um grande desgaste de antigas superfícies de aplanamento dado o encaixe da rede hidrográfica ao longo da fracturação.

O relevo intermédio resulta da profunda alteração das rochas granitóides que permitiu a evolução de vertentes e constituição de depressões fechadas até se constituírem vales alveolares.

A erosão diferencial é um dos principais determinantes da fisiografia reconhecida na área em estudo. Os maciços graníticos marcam as elevações de maior proeminência. Os terrenos metassedimentares, de carácter pelítico, ocupam as cotas mais baixas, definindo faixas alongadas segundo NW-SE. Esta topografia é também imposta pelas estruturas Variscas precoces, formuladas em regime dúctil.

A modelação das encostas é marcada por formações metamórficas mais coerentes – metapsamíticas - e por afloramentos filonianos aplito-pegmatíticos e quartzosos. A estes afloramentos atribui-se a policromia, nos tons mais claros, observados na paisagem serrana não vegetada.

Sobre estes corpos incidiram as principais actividades de mineração. Associados a estes afloramentos podem observar-se áreas de dispersão de blocos desmontados e fragmentados e zonas de escavação e despejo.

As cumeadas do maciço de Arga e os alinhamentos morfológicos concordantes são truncados pelos Vales, onde se instalaram os cursos principais dos Rios Minho, Lima, Âncora e Coura. Estes estão condicionados por rupturas tardi-Variscas. As redes hidrográficas correspondentes caracterizam-se por uma elevada densidade (Figura III. 3).

Podem identificar-se na área de estudo duas grandes bacias hidrográficas, com subsistemas associados: a bacia do Rio Minho e a bacia do Rio Lima (Tabela III. 2).

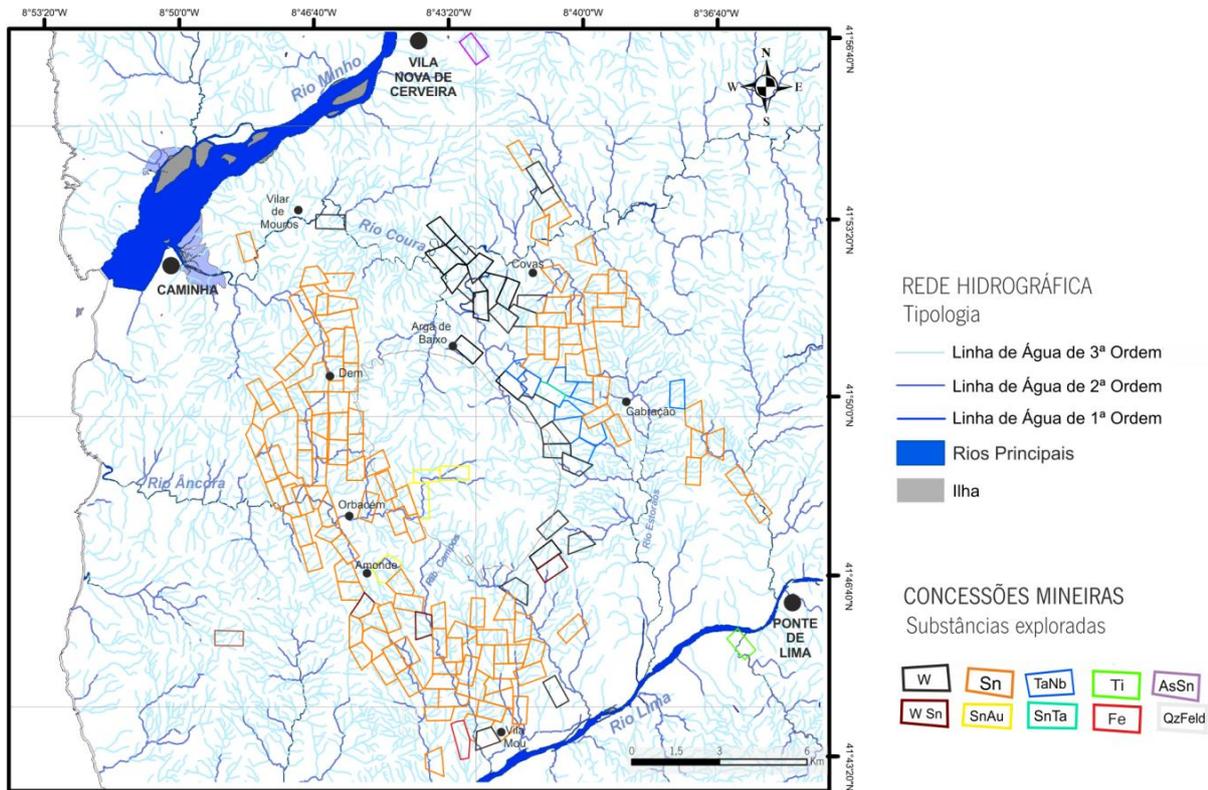


Figura III. 3. Rede hidrográfica e áreas de concessão da RMArga.

Tabela III. 2. Elementos descritores das principais bacias hidrográficas presentes na área de estudo [Atlas da Água (SNIRH, 2010); INAG (1999)]. Para as bacias internacionais do Minho e Lima referem-se valores de extensão e áreas totais e nacionais.

	RIO MINHO	RIO LIMA	RIO ÂNCORA	RIO COURA
Tipo	Principal	Principal	Principal	Afluente
Bacia hidrográfica	Minho	Lima	Âncora	Coura
Extensão total (km)	300	108		
Extensão em Portugal (km)	82	71	18	32
Área total da bacia (Km²)	17080	2470		
Área da bacia em Portugal (Km²)	817	1220	76	268
Cota da Nascente	750	975	790	890

A bacia hidrográfica do Rio Minho, situada no extremo NW da área em estudo, é composta por 4 sub-bacias: Trancoso, Mouro, Gandanha e Coura. O curso de água principal, o Rio Minho, tem uma extensão nacional com

aproximadamente 75 km e desagua em Caminha (destes, 70Km definem o limite fronteiriço Portugal - Espanha). Da totalidade da área da bacia, apenas 5% ocupa território Português, aproximadamente 799Km<sup>2</sup> (**Instituto da Água, 1999**).

No seu curso alto atravessa terrenos montanhosos, com grandes desníveis rochosos, sobretudo graníticos e depressões com depósitos aluviais. Para jusante, o relevo suaviza-se e diminui a densidade da rede de drenagem, passando a predominar os depósitos arenoso. Podem referir-se estreitamentos localizados em Cerveira, Lanhelas e Caminha. Por efeito da erosão diferencial reconhecem-se os alvéolos de S. Pedro da Torre.

A bacia hidrográfica do Minho inclui o sub-sistema fluvial Coura, com nascente em Paredes de Coura (à cota de 890m), com área de 268Km<sup>2</sup> e extensão de 50km Este corre em vale estreito e encaixado, com encostas abruptas, sobretudo nos troços que atravessam formações xistentas. Os seus afluentes têm leitos de perfis muito inclinados, por vezes com regime torrencial. Destes destacam-se as Ribeiras de Arga, Castanheira e Argela. O Ribeiro de São João, também importante afluente do Coura, atravessa o maciço de Arga segundo um alinhamento N-S, que é um acidente tectónico reactivado em diversos episódios Variscos e posteriores.

A bacia hidrográfica do Rio Lima tem 48% da sua área total em território de Portugal (**Tabela III. 2**). O curso de água principal é o Rio Lima com cerca de 67 km nacionais, a sua foz situa-se em Viana do Castelo. Os tributários principais são: Rio Âncora, Rio Neiva, Rio Vez, Rio Labruja e Rio Estorãos. Ao atravessar o Parque Nacional da Peneda Gerês, o vale tem um forte encaixe e maior declive e um escoamento mais rápido. A jusante, os vales tornam-se mais aplanados.

De entre as bacias hidrográficas que mais influenciaram e foram influenciadas pelas actividades mineiras destaca-se a do Rio Lima. Este possui um leito largo, muito condicionado pela neotectónica. Possui um padrão de drenagem dendrítico (**Leal Gomes, 2010**), magnitude de caudal elevada e grande capacidade de drenagem. Nas planícies aluviais verificam-se cheias sazonais com expansão sobre terrenos alveolares limitrofes.

O controlo tectónico do talvegue principal segue lineamentos próximos do azimuth E-W, podendo expandir-se para N como acontece no caso do alvéolo de Bertandos (**Freitas et al, 2005**). Sobre esta área da Bacia do Lima, Leal Gomes et al, ( 2009) reconhecem uma morfogénese inicial resultante da erosão diferencial da lâmina arqueada do granito de duas micas de Antelas e S.to Ovídeo, desenvolvendo-se uma sequência anelar de elevações que vai de S.to Ovídeo ao Pico de Estorãos. O granito que rodeia quase totalmente o alvéolo de Bertandos aparenta uma forma em domo esventrado que é conhecida como anel de S.to Ovídeo ou anel de Bertandos. É nesta zona que desagua o Rio Estorãos (**Tabela III. 3**).

O Rio Estorãos está condicionado pela maior erodibilidade dos terrenos Silúricos ao longo de acidentes tectónicos de 1<sup>º</sup> ordem (lineamento N 7°E), que lhe impõem um trajecto rectilíneo (**Fernandes, 2010**). Para este traçado confluem materiais geológicos detríticos por *creeping*, verificando-se concentrações de minerais densos que têm expressão mineralométrica, a serem drenadas a partir da rede de tributários torrenciais da Serra d'Arga e da Serra do Formigoso.

**Tabela III. 3.** Elementos descritores dos afluentes principais das Bacias hidrográficas indicadas na (Tabela III. 2)[Atlas da Água (SNIRH, 2010) Instituto da Água (1999), Alonso *et al.* (2003)].

	Rio Seixo	Rio Estorãos	Rio Labruja	Ribeira Gondar	Ribeira de São João
Bacia hidrográfica	Lima	Lima	Lima	Âncora	Coura
Extensão (km)	3	13	12	6	7
Área de drenagem (Km <sup>2</sup> )	15	54	58	12	28

O Rio Ancora define uma bacia hidrográfica de menor importância, cuja nascente (à cota 780m) se situa em plena cúpula granítica da Serra d'Arga. A bacia tem uma área de 75Km<sup>2</sup> e uma extensão aproximada de 18km. O curso é muito declivoso, escavando a vertente W da Serra d'Arga no sentido E-W. Nesta vertente geram-se acumulações detriticas, aluvionares e eluvionares, com concentrações importantes de diversos metais. Nas zonas de declive mais suave, no eixo-contacto com o granito ocorre a reorientação do sentido da corrente para N, o qual poderá estar relacionado com a fracturação em zonas de cisalhamento contíguas ao maciço granítico.

A profusão de vestígios mineiros é reconhecida ao longo das bacias hidrográficas que vêm sendo descritas. A W do maciço d'Arga, o Rio Ancora é o elemento fundamental que suportou a exploração de depósitos – tanto aluvionares como filonianos. Também a E do maciço, o Rio Estorãos define uma configuração altamente susceptível à concentração de minerais densos.

A Sul do maciço d'Arga, os afluentes do Rio Lima (em que o Rio Estorãos se inclui) são veiculadores de concentrações de minerais úteis, retidos ao longo dos cursos em zonas preferenciais, mas sobretudo nas planícies aluviais da margem Norte do Rio Lima. Nestas áreas a existência de uma carga elevada de detritos mineiros arrastados, enviesa a observação de concentrações naturais que o sistema possa conter.

A Norte do maciço d'Arga, o Rio Coura é encarado como vector de dispersão – na água e sedimentos - tanto de cargas metálicas contaminantes e depreciadoras do ecossistema ripícola, como de metais úteis, presentes na fracção densa – tanto grosseira como fina - dos sedimentos de leito. Nesta sub-bacia a influência de rejeitos mineiros é determinante da qualidade da água, a par das oscilações e condicionalismos meteóricos. Estas duas variáveis marcam as amplitudes e intensidades de impacte ambiental decorrente da actividade mineira passada, ao longo de toda a bacia hidrográfica.

### *Declive, Erodibilidade e Zonas Climáticas*

A carta de declives (**Figura III. 4**) foi realizada com base no modelo digital do terreno (MDT) gerado pela altimetria. A cartografia altimétrica incluía curvas de nível com equidistância de 5 m e foi preparada no *software* ArcVIEW 10 e importada para o *software* SURFER 10. Na carta de declives define-se um conjunto de classes expressas na **Tabela III. 4**.

Áreas de forte declive (30-40°) estão sujeitas a fluxos de detritos, deslizamentos, movimentos compósitos e desabamentos rochosos (principalmente em zonas muito fracturadas). Nos topos das vertentes o manto de alteração foi, geralmente, removido e restam conjuntos de blocos, cuja movimentação pode originar desabamentos de rocha.

**Tabela III. 4.** Classes de declives utilizadas na projecção da Carta de Declives (**Figura III. 4**)

CLASSES (%)	DESIGNAÇÃO DAS ÁREAS
0-6	Zonas planas
6-15	Zonas com declive suave
15-30	Zonas de declive moderado
30-40	Zonas de declive forte
> 40	Zonas de declive muito forte

As áreas com um granito de grão mais fino apresentam mantos de alteração peliculares e disjunção esferoidal, possuindo melhores condições para o desenvolvimento de fluxos de detritos e pequenos desabamentos de rocha.

Em áreas de substrato metassedimentar ocorrem múltiplas descontinuidades, devidas à estratificação, xistosidade e planos de fractura, que favorecem movimentos de deslizamento planar ou curvilíneo, mesmo em vertentes com declives moderados (15°-30°). Em sectores com fortes declives (30°), a presença de rocha mais alterada e depósitos de vertente de matriz fortemente argilosa permite que o movimento inicial de deslizamento evolua rapidamente para um fluxo de lama ou de detritos. Por esse motivo, nas áreas de metassedimentos predominam registos de ocorrências de fluxos de lama e detritos.

As unidades litológicas que apresentam uma maior densidade de fracturação (km de fractura/km<sup>2</sup>) são os granitos de duas micas indiferenciados, granitos e granodioritos porfiróides, turbiditos, granitos biotíticos, em geral porfiróides, xistos e quartzitos (CCDR-N, 2007). Uma maior densidade de fracturação pressupõe uma maior probabilidade de alteração das rochas em profundidade, constituindo um critério de ponderação do risco de movimentos de vertente, sobretudo quando conjugada com os restantes factores de risco.

Para RMArga, a classificação climática apresentada na **Figura III. 4** (AgroConsultores, 1995 e Geometral, 1999) baseia-se nos dados recolhidos a partir da estação climatológica de Vila Nova de Cerveira e dos postos udométricos de Ponte de Lima, Nogueira e Arga de Baixo (**Tabela III. 6**). O número médio de horas de sol descoberto por ano e a altitude explicam a variação da temperatura média anual, representada na forma de zonas climáticas homogéneas propostas na **Figura III. 4**, cujos parâmetros são discriminados na **Tabela III. 5**.

**Tabela III. 5.** Parâmetros de discriminação das Zonas Climáticas apresentadas na **Figura III. 4** (Alonso *et al.* 2008).

Zona climática	Temperatura média anual (°C)	Temperatura média do mês mais quente (°C)	Altitude (m)
Temperada Fria (F)	10,5 < T < 12,5	-	600 / 700-900 / 1000
de Transição (T)	12,5 < T < 14,0	-	400 / 500-600 / 700
Temperada Quente (Q)	Atlântica (Qa)	14,0 < T < 16,0	<20
	Litoral (Ql)	14,0 < T < 16,0	>20

Relativamente às condições climáticas e a própria dedução de zonas climáticas importa salientar que a densidade de estações e postos udométricos é baixa, atendendo à diversidade de microclimas na área em estudo. As séries climatológicas disponíveis não apresentam a mesma abrangência temporal, são inferiores a períodos de 30 anos e contêm lacunas de dados significativas (**Figura III. 6**). A cartografia climática existente sugere variações espaciais pouco resolúveis dadas as escalas adoptadas.

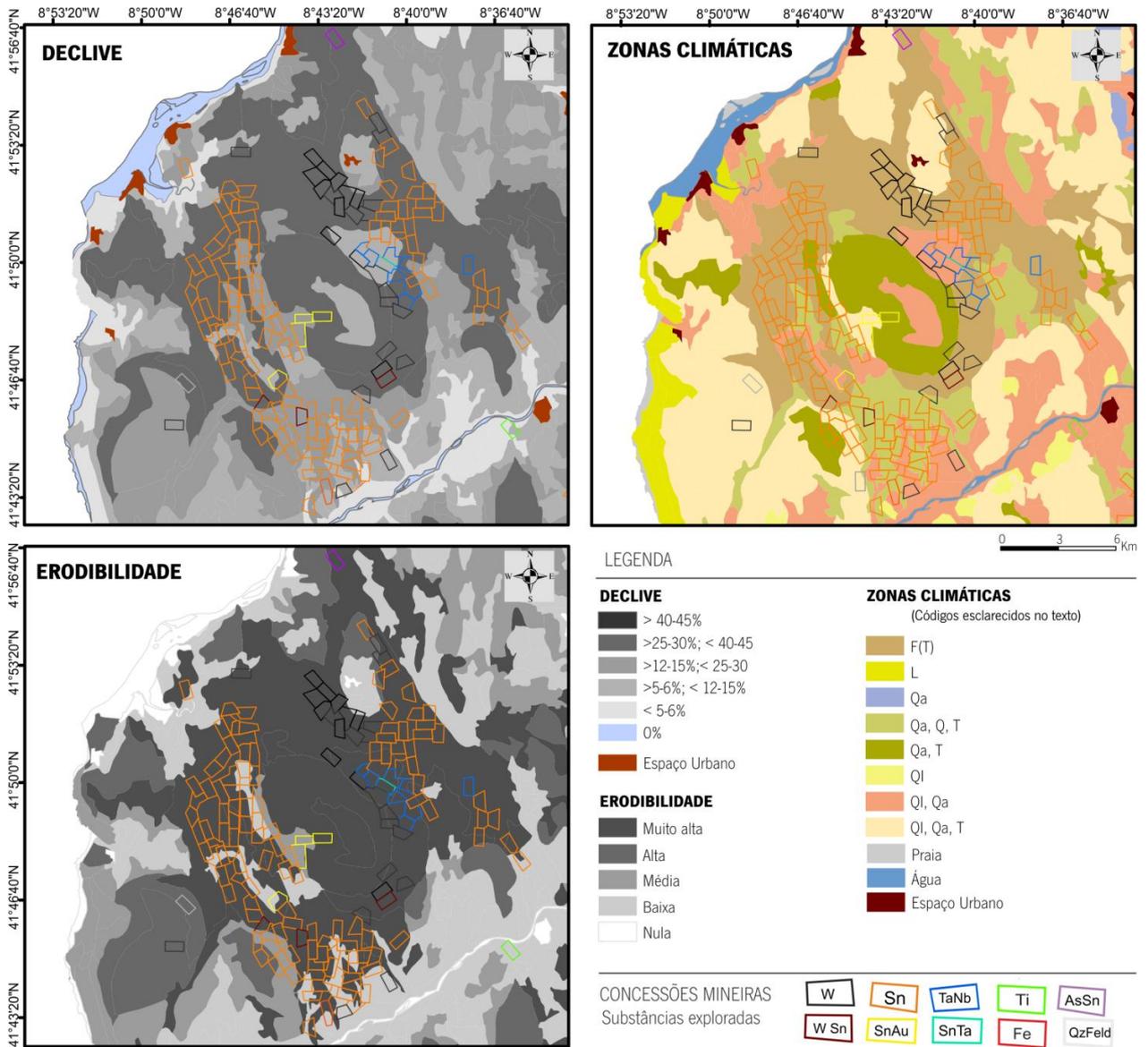


Figura III. 4. Cartas de condicionalismos naturais: Declive, Erodibilidade e Zonas Climáticas (Escala 1:100.000), (CIGESA, 2011)

Tabela III. 6. Elementos de localização das estações meteorológicas consultadas especificamente para a RMArga (INAG, 2000)

ESTAÇÃO	BACIA HIDROGRÁFICA	TIPO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE	INÍCIO DE FUNCIONAMENTO
Vila Nova de Cerveira	Minho	Climatológica	41 56 25 N	8 44 08 W	205 m	1979
Sapardos	Minho	Udométrica	41 55 50 N	8 39 55 W	245 m	1960
Caminha	Minho	Udométrica	41 52 05 N	8 49 51 W	10 m	1979
Arga de Baixo	Minho	Udométrica	41 50 50 N	8 42 43 W	470 m	1980
Montaria	Âncora	Udométrica	41 47 32 N	8 43 38 W	285 m	1979
Valadares	Âncora	Udométrica	41 46 45 N	8 46 15 W	260 m	1978
Moreira do Lima	Lima	Udométrica	41 47 17 N	8 37 43 W	45 m	1979
Ponte de Lima	Lima	Udométrica	41 46 10 N	8 35 40 W	50 m	1975
Nogueira	Lima	Udométrica	41 44 25 N	8 44 00 W	100 m	1960

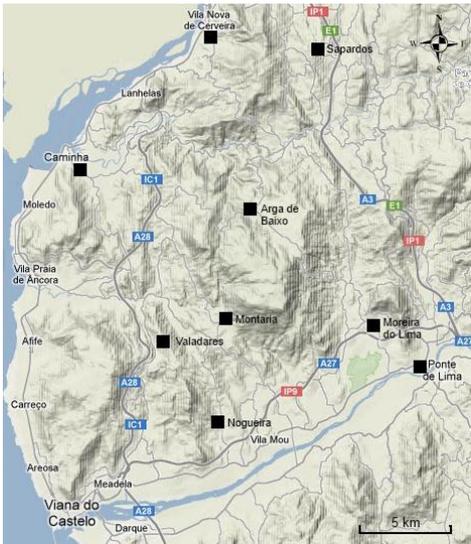


Figura III. 5. Estações de monitorização do SNIRH (■), que abrangem a RMArga (INAG, 2000), especificações na Tabela III. 6.

O portal do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) divulga sínteses mensais temáticas com base na rede de monitorização climática composta por estações automáticas e convencionais, algumas equipadas com teletransmissão.

As estações consultadas foram as de Vila Nova de Cerveira, Cavada, Covas, Sapardos, Caminha, Arga de Baixo, Montaria, Valadares (Figura III. 5 e Tabela III. 6).

A manutenção das estações de monitorização automáticas esteve suspensa nos períodos de Agosto de 2008 a Janeiro de 2009, Junho a Dezembro de 2009 e têm permanece suspensas desde meados de Março de 2010.

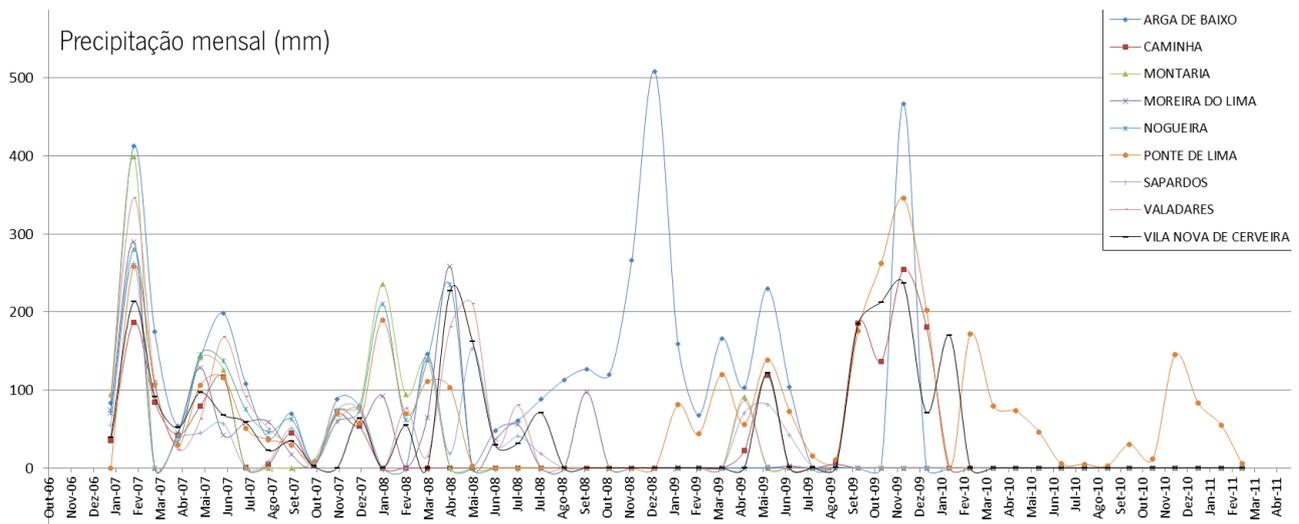


Figura III. 6. Dados de precipitação mensal (mm) registados pelas estações indicadas na Tabela III. 6, para o intervalo de tempo Outubro de 2006 a Maio de 2011.

Os valores utilizados permitiram ainda assim, testar um conjunto de parâmetros como precipitação, temperatura e insolação, em valores médios, máximos e mínimos que foram ponderados de acordo com a necessidade de considerar descritores hidrológicos. Recorreu-se a informação climática específica ou por interpolação: Carta de Solos e Aptidão da Terra de Entre Douro e Minho e a Carta Climática do Atlas do Ambiente (1995-2010).

#### Referências geometeorológicas do Norte de Portugal

Em termos gerais, o território português é considerado uma região de transição marcada por dois domínios climáticos: atlântico e mediterrâneo. O oceano Atlântico actua como agente moderador da temperatura, as regiões interiores recebem maior influência das cadeias montanhosas e a temperatura média é mais baixa, a amplitude de variação anual é mais reduzida em relação ao resto do País. Acima das cotas de 700 a 800 m, o clima caracteriza-se por verões mais curtos e frescos e Invernos, frios, longos e marcados por precipitações abundantes.

O relevo desempenha um papel dominante nas diferenças pluviométricas regionais. Valores de precipitação mais elevados verificam-se em regiões montanhosas e de cotas mais altas. Estes efeitos conjugados traduzem grande variabilidade espacial na distribuição das médias anuais da precipitação.

Quanto à distribuição da temperatura média do ar ela é mais amena ao longo do litoral e manifesta grandes amplitudes térmicas no interior. Esta relação verifica-se nas áreas que foram alvo de estudo – RMArga e as áreas mineiras de Tibães (T), Adoria (A) e Penedono (P) (Figura III. 7).

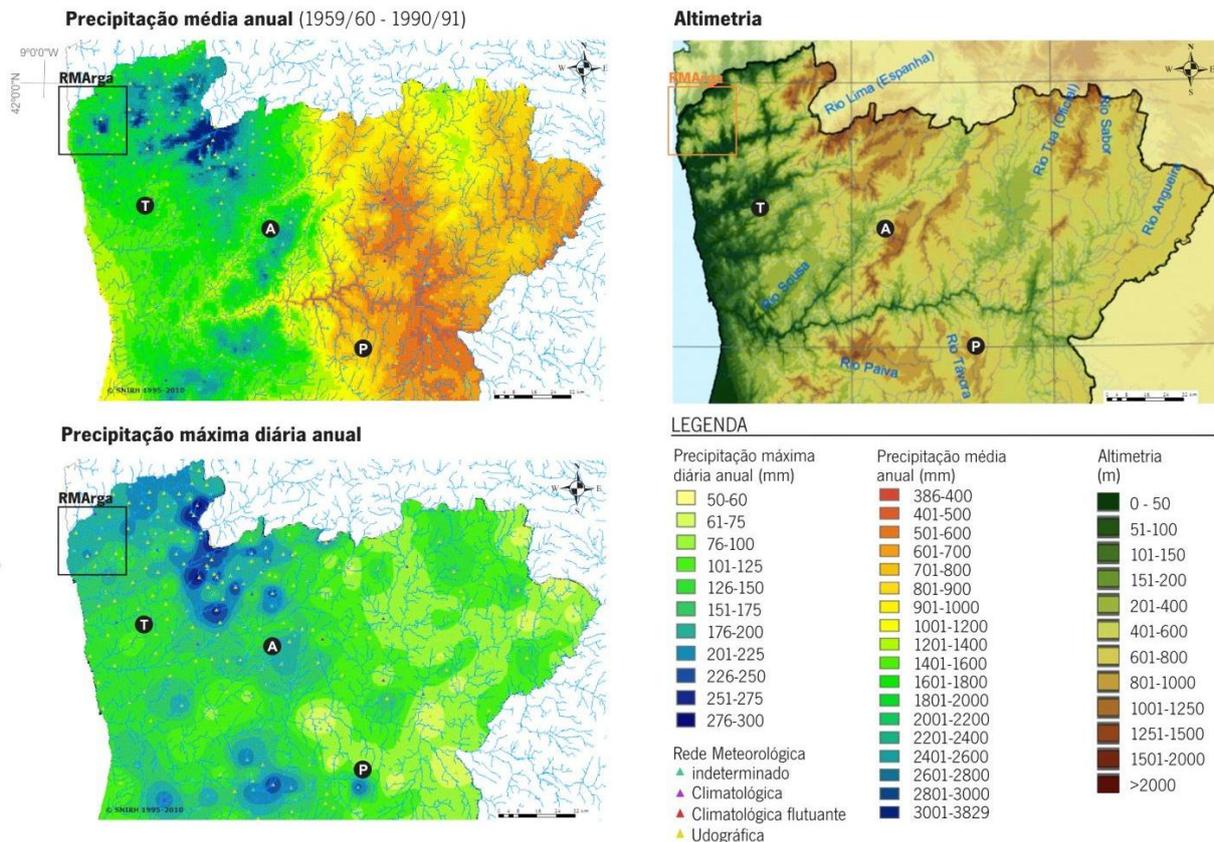


Figura III. 7. Cartas de Precipitação média anual e Precipitação máxima diária anual e Altimetria do Norte de Portugal (SNIRH, 2010), Instituto da Água (1999)

Pela Figura III. 8 pode reconhecer-se que a RMArga, Tibães e Adoria apresentam semelhanças no que respeita a: Temperatura média anual (7,5 a 15°C); Evapotranspiração média anual (600 a 800mm); Precipitação máxima diária (176 a 200mm); Precipitação média anual (2201 a 2400mm); Escoamento médio anual (1800 a 2200mm); Erosividade da precipitação (501 a >800).

A Altimetria constitui uma exceção na semelhança daquelas áreas, com valores entre 200 a 800m, para as áreas de RMArga e Tibães, enquanto Adoria se situa a cotas entre 400 e 1000m. Relativamente a Penedono, esta área mineira distingue-se consideravelmente das anteriores no que diz respeito a estas referências geometeorológicas: Temperatura média anual (7,5 a 10°C); Evapotranspiração média anual (450 a 500mm); Precipitação máxima diária (176 a 200mm); Precipitação média anual (2201 a 2400mm); Escoamento médio anual (1800 a 2200mm); Erosividade da precipitação (501 a >800).

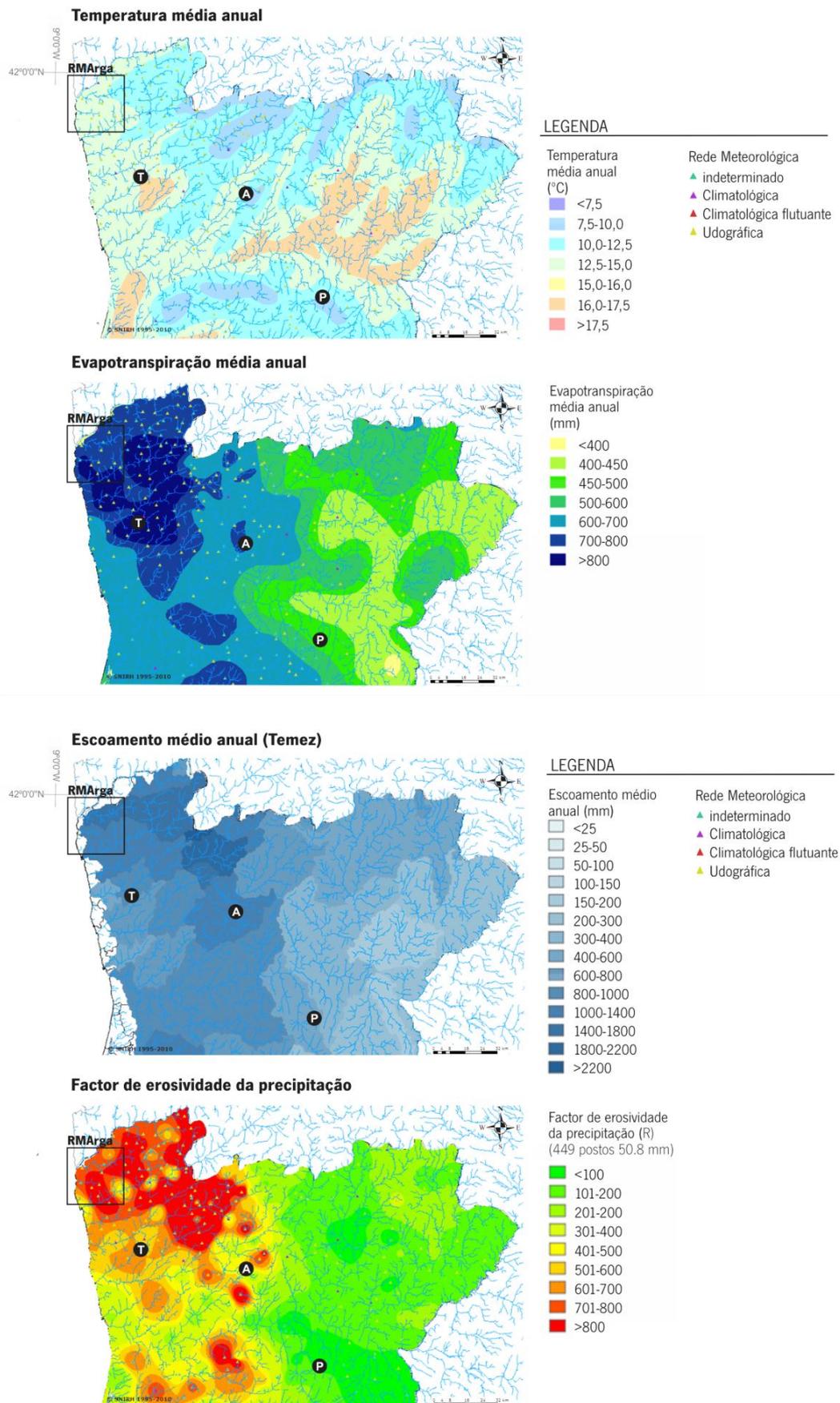


Figura III. 8. Cartas de temperatura média, evapotranspiração, escoamento médio anual segundo o modelo de Temez (PNA, 2002) e factor de erosividade da precipitação (SNIRH, 2010; Instituto da Água, 1999).

Segundo os dados de precipitação mensal das estações hidrometeorológicas (SNIRH, INAG) das bacias hidrográficas a norte do rio Douro, consideraram-se dois períodos de contraste pluviométrico: de Outubro a Março (húmido) e de Abril a Setembro (seco). São condicionantes climáticas a altitude, a orientação do relevo e a influência do oceano. A temperatura, a humidade relativa do ar, a evaporação e a insolação são variáveis meteorológicas relevantes. A alternância sazonal e a existência de condições específicas das escombreyras e cursos de água afectos podem influenciar tendências evolutivas entre as escombreyras. Por exemplo, a distribuição da precipitação ao longo do ano e a intensidade e duração da pluviosidade, principalmente dos aguaceiros em período estival, podem ser factores de diversificação geoquímica, controlando reacções de interacção mineral-água, e a mobilidade dos contaminantes.

### III.1.2. Aptidões, Uso e Ocupação do Solo

As cartografias de aptidão e usos do solo, as classes definidas encontram-se na **Figura III. 9**.

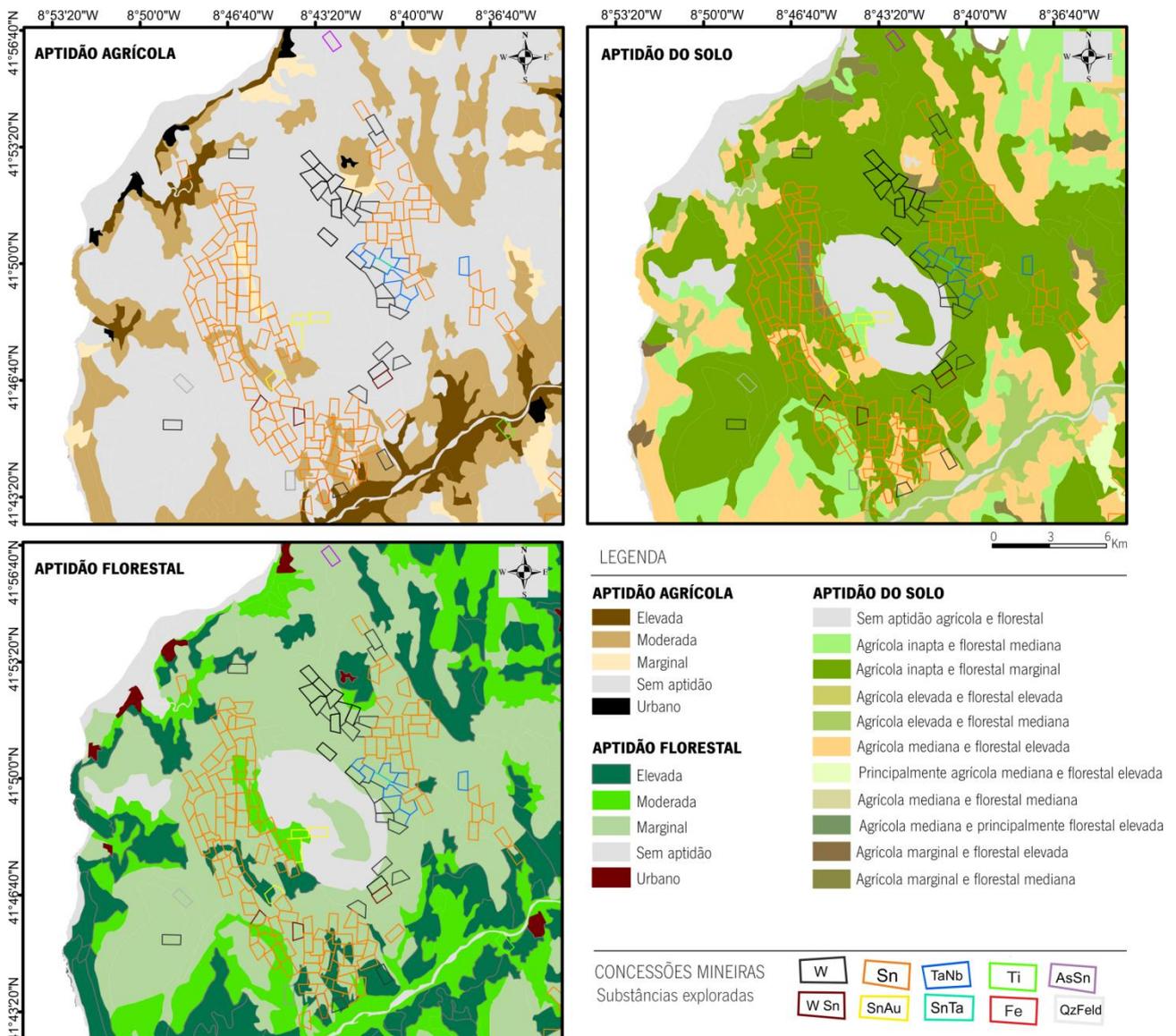


Figura III. 9. Cartas de Aptidão e Usos do Solo, escala 1:50 000 (IPVC-ESAPL, 2011).

A aptidão agrícola inclui o cultivo de milho ou grão e prado invernal; horticultura intensiva; agricultura de espécies perenes (arbóreas e arbustivas); prados cultivados para pastagem e/ou corte e sem aptidão agrícola. A aptidão florestal inclui as explorações com espécies de crescimento rápido, a exploração com as principais espécies folhosas e silvo pastorícia.

As áreas florestais são discriminadas, segundo as manchas que compõem as Cartas de Ocupação de Solos (Figura III. 10). Estas incluem: 1) Áreas com resinosas - podem ocorrer espécies exóticas que assumem hoje um papel central na economia local dada a extensão espacial e gestão realizada; coincide basicamente com área de *pinhal*; 2) Áreas com folhosas autóctones; espaços em que predominam espécies de folhosas autóctones sejam em torno das áreas de pastagens, *carvalhal* e *flores mista de folhosas* e em torno das linhas de água; *galerias ripícolas*; 3) Áreas com folhosas exóticas; espaços com uma menor definição espacial e ocupados normalmente por *eucaliptal*.

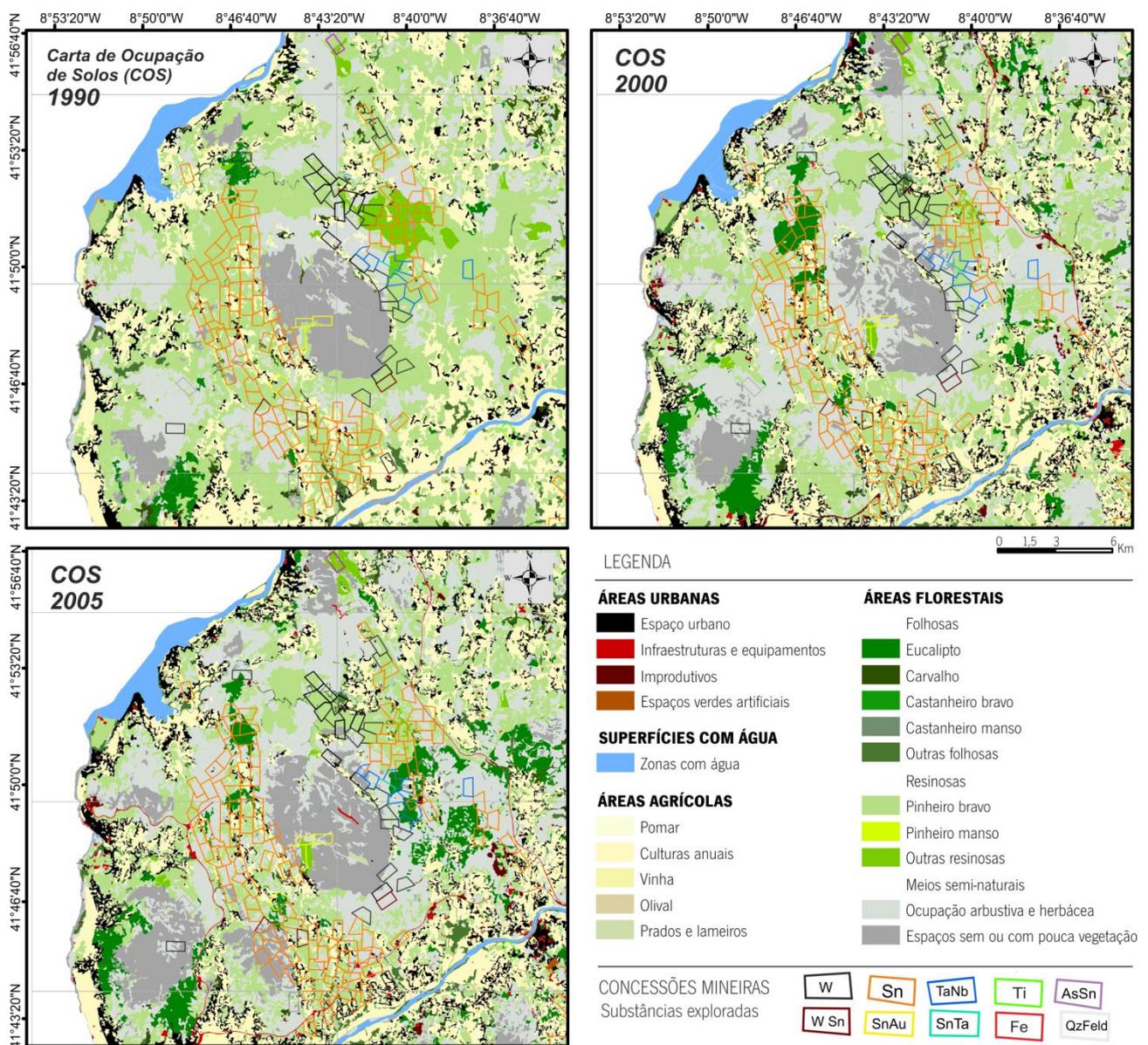


Figura III. 10. Cartas de Ocupação de Solos (COS) respectiva aos anos 1990, 2000 e 2005; escala 1:25 000 (IPVC-ESAPL, 2011).

Estes espaços físicos correspondem a áreas em que as técnicas e objectivos de uso são diferenciados, as resinosas são exploração mais numa perspectiva económica, de produção, enquanto as folhosas assumem um papel de conservação. A este nível, segundo a Lei de Bases da Política Florestal, de 17 de Agosto de 1996; os princípios orientadores: **produção e conservação**.

### Áreas com estatuto de Protecção da Natureza

No NW de Portugal, os estuários dos rios Minho e Coura constituem uma zona húmida com valor ecológico a nível nacional, com 4 estatutos de protecção: Sítio da Rede Natura 2000, Zona de Protecção Especial para as Aves (ZPE), *Important Bird Area* (IBA - estatuto concedido pela *Birdlife Internacional*) e o Biótipo CORINE, algumas das quais com representação na RMArga (Figura III. 11).

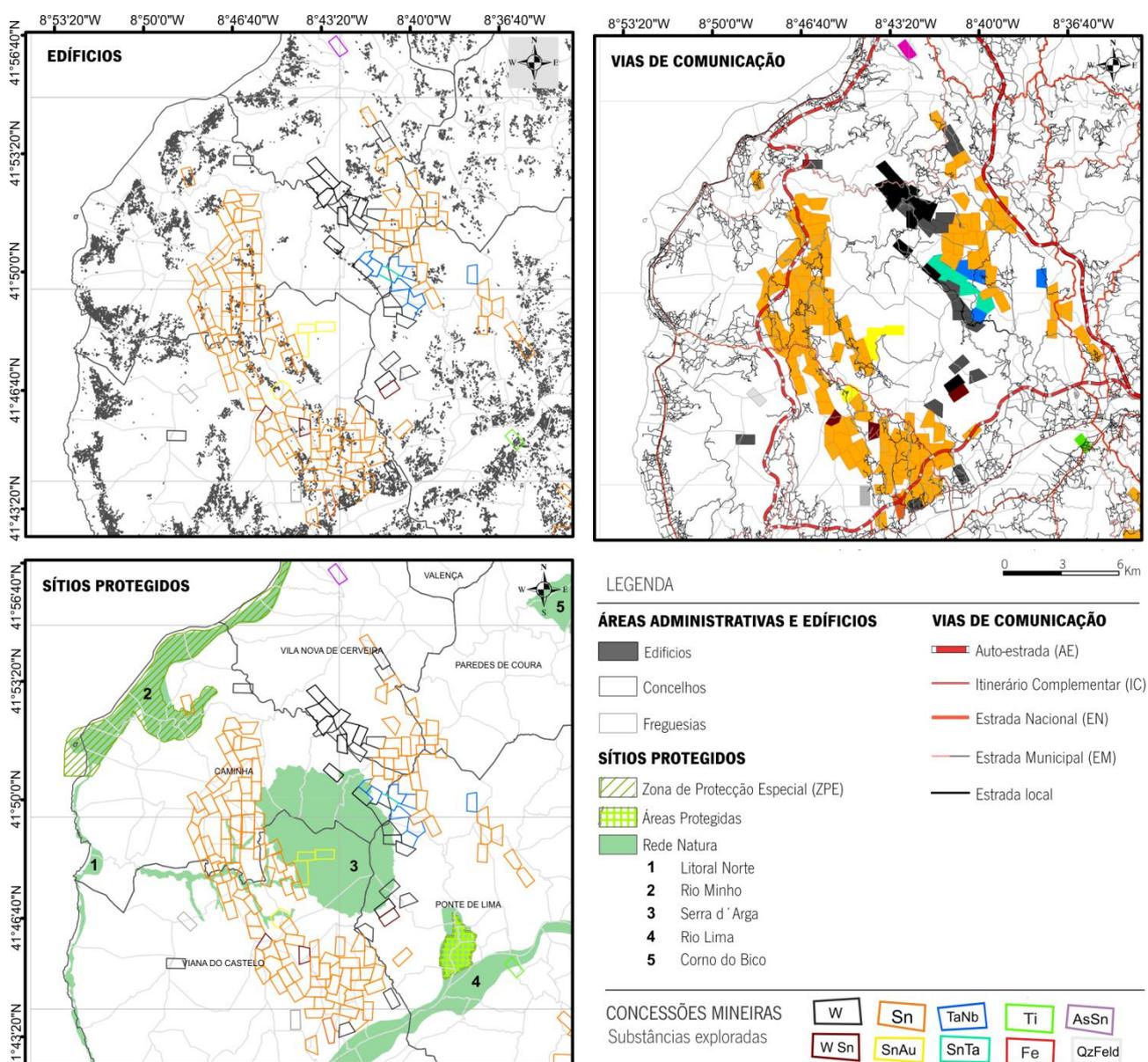


Figura III. 11. Condições antrópicas com incidência espacial na região mineira em estudo, escala 1:25 000 (IPVC-ESAPL, 2011).

A zona de confluência do rio Coura com o Rio Minho, antes deste desaguar no Oceano Atlântico, permitiu o desenvolvimento de uma grande diversidade de *habitats*, numa área relativamente pequena, muito condicionada pelas características climáticas particulares da região e a própria intervenção antrópica. Ocorre um grande número de espécies faunísticas particulares nos habitats de Sapal, bancos de areia, juncais, nas manchas de caniçal, nos corredores ripícolas bem preservados. Neste ocorrem bosques mistos de amieiro (*Alnus glutinosa*), salgueiro (*Salix* sp.), freixo (*Fraxinus angustifolia*) e sanguinho-de-água (*Frangula alnus*), carvalhais (*Quercus robur*), manchas de pinheiro-bravo (*Pinus pinaster*) de grande porte. A protecção legal destas zonas designadas de Protecção Especial (ZPE), inclui: Estuário dos rios Minho e Coura (PTZPE0001, Decreto-Lei nº 384-B/99, de 23 de Setembro; 3.393, coincidentes com a IBA). Em Portugal, a Lei nº 11/87 de 7 de Abril – Lei de Bases de Ambiente – e o Decreto-Lei nº 19/93 determinam os procedimentos para a criação de uma Rede Nacional de Áreas Protegidas, que inclui áreas de interesse nacional, regional e local (Figura III. 11)

A definição da Rede Natura 2000 tem em vista a promoção de paisagens protegidas de interesse regional e local, como é o caso da Paisagem Protegida das Lagoas de Bertandos e S. Pedro d’Arcos (PPLBSPA), criada pelo Decreto-Lei nº 19/2000. Esta Paisagem Protegida inclui um número alargado de habitats, espécies e funções naturais, em que se destacam os valores associados às zonas húmidas. A sustentabilidade e a importância destes espaços obrigam a um estudo, planeamento e gestão ponderada e fundamentada somente possível com uma análise particular e integrada sobre cada uma das componentes.

*Edificado e aglomerados habitacionais*

Na Figura III. 11 apresentam-se as carta de distribuição de edifícios e vias de comunicação no território correspondente à área em estudo.

A maior parte dos aglomerados habitacionais desenvolvem-se das cotas dos 30-40 m até aos 150 m, a freguesia de Cabração regista uma maior altitude média (150-350 m). Verifica-se uma maior concentração demográfica nas áreas mais baixas e na parte Sul da bacia hidrográfica. A evolução da população residente das freguesias de Bertandos, Cabração, Estorãos e Moreira do Lima verifica uma subida no período de 1935 a 60, possivelmente relacionado com a actividade mineira aí intensamente desenvolvida.

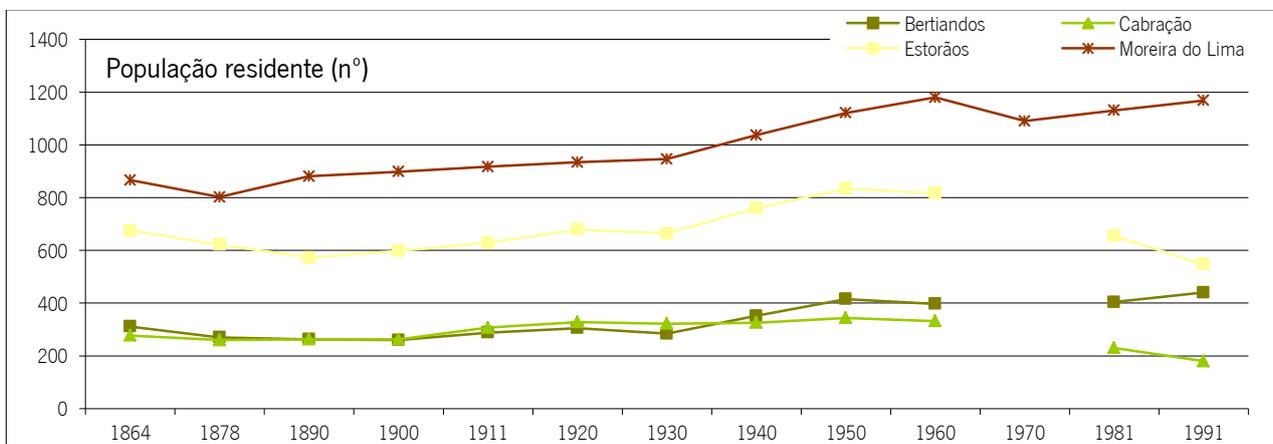


Figura III. 12. Evolução da população residente de algumas freguesias de Ponte de Lima.

### III.2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

A área em estudo localiza-se no sector NW do Maciço Ibérico, inclui formações metassedimentares poligénicas com idades situadas ente o Câmbrico e o Devónico, granitos vestefalianos que as intruem e, em bacias muito reduzidas, coberturas por depósitos cenozóicos e quaternários.

#### III.2.1. Tectónica e domínios estruturais

A discriminação de unidades geotectónicas por critérios paleogeográficos é apresentada por Lotze (1945) e revista por Julivert *et al.* (1972). Estes últimos Autores mantêm as zonas lotzianas: Ossa Morena (ZOM), Sul Portuguesa (ZSP), Cantábrica (ZC), Asturico-Leonesa (ZOAL) e sugerem a Zona Centro Ibérica (ZCI). A zona Galiza Média-Trás-os-Montes (ZGT) é revista e reinterpretada em Ribeiro (1974), com terrenos parautóctones e unidades diferenciadas. A compartimentação do Maciço Ibérico, e concretamente da ZGT, é revista em Quesada (1991) e está ilustrada na Figura III. 13. Este Autor sugere um prolongamento para NW da ZGT, atendendo a constrangimentos geológicos impostos pela evolução tectónica paleozóica.

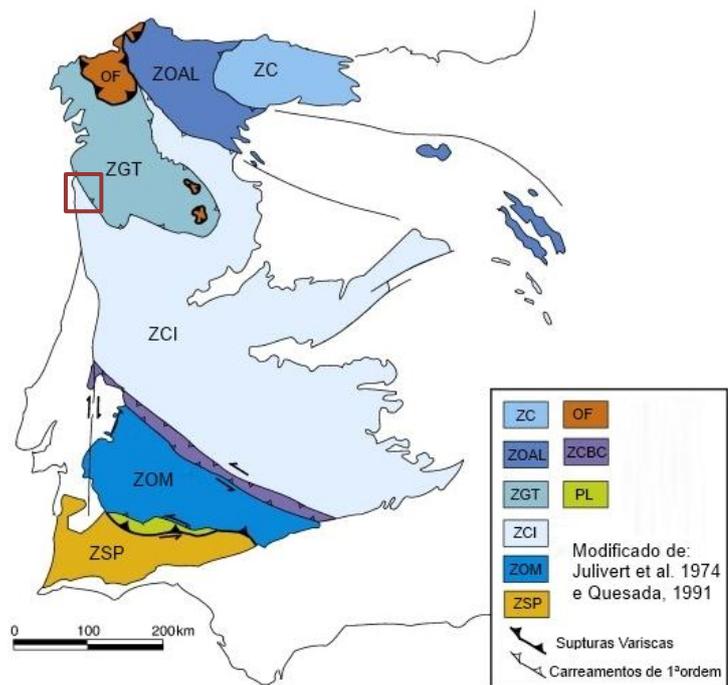


Figura III. 13. Divisão zonal do Maciço Ibérico (modificado de Julivert *et al.* 1974 e Quesada, 1991; *in*: Sánchez-García *et al.* 2010). Legenda das abreviaturas não descodificadas no texto: OF: unidades ofiolíticas; ZCBC: zona de cisalhamento Badajoz - Córdoba; PL: formações de Pulo do Lobo. Área de estudo delimitada por quadrado vermelho.

A área de estudo está inscrita em terrenos da ZCI e ZGT (Figura III. 13). Na ZGT incluem-se os terrenos situados a E do carreamento de Orbacém e a W do desligamento Vigo Régua. A ZCI inclui os terrenos a W do carreamento de Orbacém. Os terrenos considerados na área de estudo inserem-se em três domínios tectono-estruturais (DE), cuja estruturação atribuída à orogenia Varisca, se conclui do Devónico até ao Pérmico:

DE Autóctone - terrenos que não sofreram transporte durante a orogenia Varisca, inclui o Complexo Xisto-Grauváquico (CXG) que na área de estudo dizem respeito à subdivisão Grupo do Douro;

DE Parautóctone - terrenos que sofreram um pequeno transporte e movimentação (na ordem de dezenas de km) até ao local onde afloram (Iglésias e Ribeiro, 1983) - aí a tectónica tangencial Varisca apresenta alcance restrito;

DE Alóctone - terrenos formados pelo empilhamento de unidades tectono-estratigráficas, transportados por processos de obdução (para mais de 100km) durante a deformação tangencial Varisca, possuem

afinidade com a crosta oceânica e integram terrenos continentais mais antigos e exóticos (Ribeiro e Pereira, 1997).

De forma muito simplificada, pode dizer-se que os eventos paleozóicos, e mais concretamente a orogenia Varisca, determinaram a estruturação destes terrenos.

Na ZCI, a orogenia varisca iniciou-se no Câmbrio inferior com estiramento crustal e subdiência dos terrenos. Nestes ocorreu a deposição sedimentar que originou o CXG. No final do Câmbrio há uma tendência de adelgaçamento da litosfera em consequência da tectónica distensiva anterior ao “rifting” continental estabelecido no Ordovícico inferior.

No Ordovícico superior verificou-se a abertura do oceano varisco Rheic. Uma das extensões do Rheic prosseguiu a sua abertura com rift oceânico até ao Devónico inferior. Esta evolução levou à individualização dos super continentes Avalónia relativamente à Gondwana no Devónico inferior a médio (Matte, 2001). A evolução prossegue com a subdução do oceano Rheic, com a qual se relaciona a abertura do oceano Paleotethis (Silúrico - Ordovícico).

A orogenia Varisca representa a colisão entre a Ibéria e a Armórica no Devónico inferior a médio e deu lugar à obdução das sucessões ofiolíticas - representando a crosta oceânica formada e transportada por tectónica tangencial (Ribeiro, 2007). Com a obdução das unidades ofiolíticas dá-se o deslocamento menor de terrenos parautoctones. Essa colisão varisca perdura até ao Pérmico inferior e, em consequência do espessamento crustal, ocorreu a anatexia com formação de magmas que originaram os granitos.

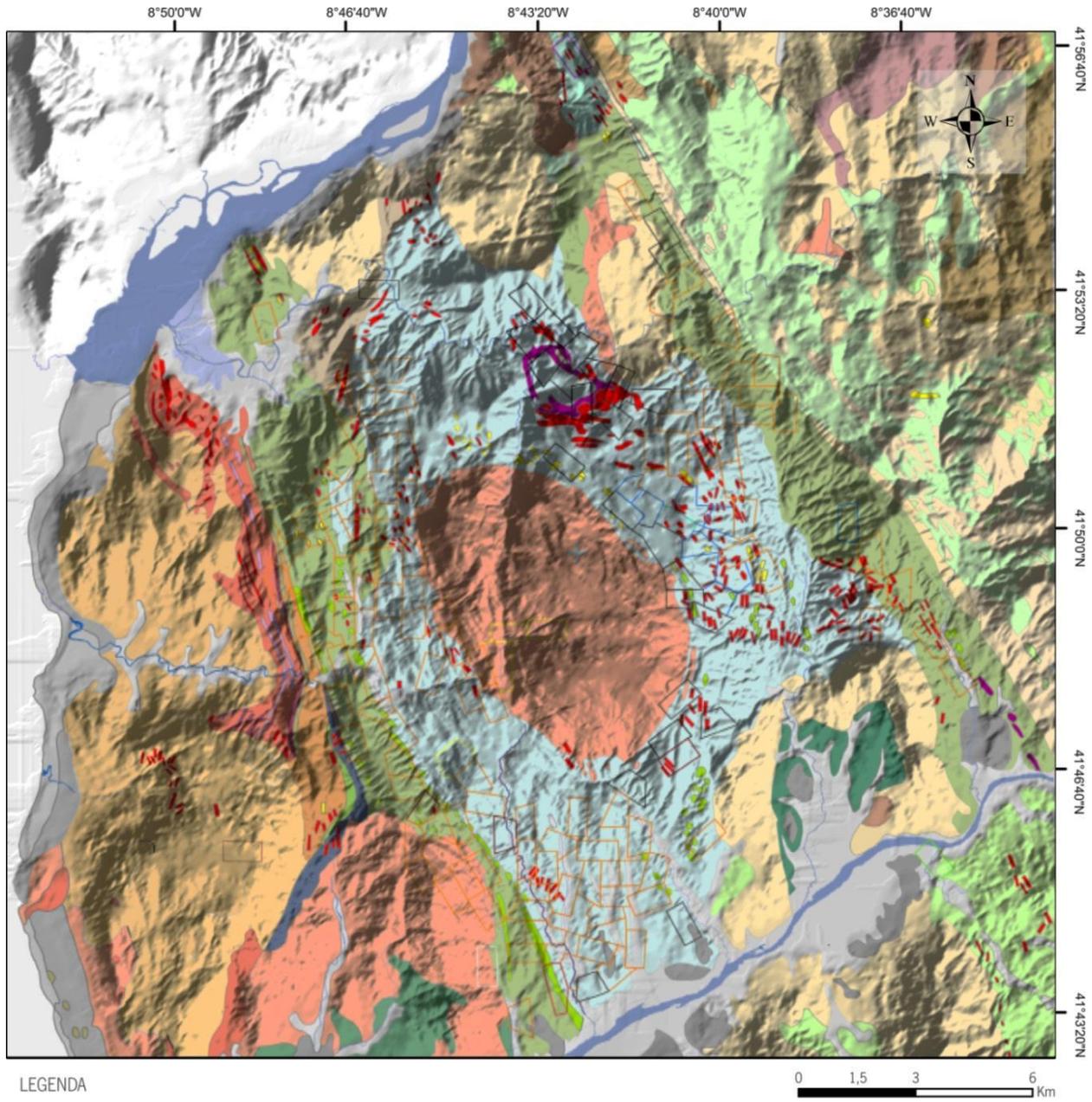
Estão referenciadas 4 fases de deformação Varisca, apresentadas na simplificação geométrica da **Figura III. 14**. A deformação referida ocorre por dobramento em regime dúctil e essencialmente por fracturação em regime frágil.

As evidências da primeira fase estão muito obliteradas pelas deformações seguintes. À segunda fase corresponde um regime tangencial dominante que originou um empilhamento de mantos e dobras.

DEFORMAÇÃO			GRANITOS					
D <sub>1</sub>	r. dúctil	r. fragil	Foliação / Xistosidade	idade de referência	composição	forma dos plutonitos	estado da deformação	especialização metalogénica
	r. fluxo							
				???	2 micas?	indefinível?	???	Y, U, Nb, T.R.
D <sub>2</sub>					hiper-aluminosos	leucossoma e veios de segregação	—	Be, Al, Ta, Nb, Y, U, T.R., Ti
D <sub>3</sub>				330 MA	2 micas	corpos tabulares ou lenticulares dobrados	sin-tectónicos	Zr, U, Nb, Ta, Be
				305 MA	2 micas a essencialmente biotíticos	"stock", diapiro, batólito	sin a tardi-tectónicos	Li, Be, Sn, Nb, Ta
D <sub>4</sub>				290 MA			tardi-tectónicos	Li, Cs, Ta
				275 MA	biotíticos a anfibólicos	"stock"	pós-tectónicos	Be, Sn, Nb, W, U

**Figura III. 14.** Matriz colisional Varisca dos granitos e sistemas residuais (extraído de Leal Gomes *et al.* 2010b)

**Nota:** S<sub>n</sub> - superfície metamórfica de ordem n; D<sub>n</sub> - fase de deformação de ordem n; M.A. - milhões de anos.



LEGENDA



PLIOCÊNICO A QUATERNÁRIO

- Depósitos fluviais: aluviões actuais e terraços pliocénicos
- Depósitos litorais: dunas e praias actuais e praias antigas elevadas

ROCHAS GRANITOIDES

- Granitos porfíroides sin a tardi-tectónicos relativamente a D3 e precoces em D3 (Paredes de Coura) ( $\gamma_1$ )( $\gamma_1'$ )
- Granitos de duas micas sin a tardi tectónicos relativamente a D3 Alóctones (Arga) ( $\gamma_1$ ) (Covas, Vila Nova de Cerveira, Sto Ovídeo) ( $\gamma_2$ )
- Granitos de duas micas e granodioritos sin-tectónicos relativamente a D3 Subautóctone e autóctone (Bertiandos) ( $\gamma_2'$ )
- Granitos de duas micas sin-tectónicos relativamente a D2 Subautóctones (Táião) ( $\gamma_2$ )
- Granitos precoces Ordovícicos (?) Ortognaisses da Gandra e de Picoto de Penices ( $\gamma_{2,z}$ )

ROCHAS FILONEANAS

- Filões de quartzo
- Filões e corpos apilito-pegmatíticos

Alinhamentos estruturais relevantes (desligamentos e cavalgamentos indiscriminados)

FORMAÇÕES PARAUTÓCTONES E ALOCTONES DO SILÚRICO

Terrenos Poligénicos

- Formação de Vilar de Mouros: metagrauauques impuros
- Formações da Unidade Minho Central e Ocidental a W do desligamento de Vigo-Régua: formações metapsamopelíticas - micaxistos com intercalações de xistos negros, quartzitos, quartzitos negros, líditos e turmalinitos
- Formações da Unidade Minho Central e Ocidental a E do desligamento de Vigo-Régua: formações metapsamopelíticas - micaxistos com intercalações de ampelitos, quartzitos e líditos com menor transposição da xistosidade em D3 Varisca
- Rochas heterogénias de aspecto migmatítico
- Formações do Domo de Covas - formações psamopelíticas poligénicas com micaxistos andaluzíticos predominantes
- Litologias vulcano-sedimentares a exalativas intercaladas: quartzofilitos, xistos negros, líditos, tufo félsicos e fácies vulcanoclásticas, anfíbolitos turmalinitos, rochas calcosilicatadas

FORMAÇÕES AUTÓCTONES

Complexo Xisto Grauváquico e Ordovícico

- Formação de Barrocas: conglomerado poligénico quartzo-pelítico
- Formação de Cortelhas: alternância de filitos carbonosos e siltitos
- Formação de Pedras Ruivas: quartzitos e xistos cinzentos | metaconglomerado silicioso e com óxidos de Fe
- Formação de Rio Tinto: xistos carbonosos, siltitos (a ferruginizados)
- Formação de Sobrido: metapelitos, metagrauauques e meta-arenitos impuros | metagrauauques, quartzitos

CONCESSÕES MINEIRAS

Substâncias exploradas

- W
- W Sn
- Sn
- Ta Nb
- Sn Ta
- Sn Au
- Ti
- Fe
- As Sn
- Qz Feld

Figura III. 15. Cartografia geológica da Folha 1, na escala 1:200.000 (Pereira et al. 1989). Simplificação da cartografia revista da Folha 1C, na escala 1:50.000 (Leal Gomes et al. 2008). Demarcação das áreas de concessão que integram a RMArga.

### III.2.2. Síntese litostratigráfica

A RMArga está inscrita no sector limitado a W pelo carreamento de Orbacém, que estabelece o contacto entre terrenos parautóctones e autóctones, e limitada a E pelo desligamento de Vigo-Régua. Este é uma mega-estrutura polifásica, com vários ciclos de retoma. Na área de estudo os terrenos silúricos têm sido considerados parautóctones (Pereira e Ribeiro, 1986; Pereira *et al.* 1989). A recente revisão tectono-estratigráfica destes terrenos na área da serra d'Arga reconhece uma afinidade paleogeográfica riftogénica, eventualmente correlacionável com as condições de formação dos terrenos alóctones (Dias, 2012).

As formações com esta assinatura são poligénicas e a sua discriminação levou à revisão da área cartográfica correspondente à Folha 1C (na escala 1: 50.000), levada a cabo por **Leal Gomes *et al.* (2008)** e publicada em **Dias (2012)** (Figura III. 15). Passa agora a considerar-se um domínio de mantos e dobras designado de Formações do Domo de Covas contactantes com a Unidade Minho Central parautóctone.

Atribuem-se ao período Devónico as formações de Vilar de Mouros que ainda não tinham sido consideradas e reviu-se o traçado das Formações Autóctones da ZCI. As restantes revisões fazem a actualização e aproximação à escala 1:50.000 dos limites cartográficos definidos na Folha 1 (1:200.00) de Pereira *et al.* (1989). É introduzido detalhe estratigráfico e designações regionais para as formações que a seguir são consideradas e descritas na **Tabela III. 7**.

#### Terrenos Autóctones (W Orbacém)

São propostas em **Leal Gomes *et al.* (2008)** as formações de Barrocas, Cortelhas, Pedras Ruivas e Rio Tinto possivelmente correlacionadas em **Pereira *et al.* (1989)** com as Formação de S. Domingos, Formação de Desejosa, Formação de Sta. Justa e Formação de Valongo. A sua discriminação litológica apresenta-se na **Tabela III. 7**.

#### Terrenos Poligénicos Alóctones (?)

Em **Leal Gomes *et al.* (2008)** propõe-se uma correlação entre as Formações do Domo de Covas e as Unidades de Vila Nune-Valença de **Pereira *et al.* (1989)**. Trata-se de formações poligénicas que passam a ter representação na nova cartografia, compreendendo litologias metassedimentares psamopélicas poligénicas metamorizadas (micaxistos e quartzofilitos) com intercalações de quartzitos (predominantes), xistos negros "fossilíferos"(?) e com nódulos negros de fosfato, liditos e litologias psamíticas exóticas de afinidade vulcanogénica-exalítica, representadas na **Tabela III. 7** pela simbologia (+); vulcanogénica a carbonatada (++) e/ou seus produtos de evolução metassomática difusa regional (+++). A discriminação litológica vem detalhada na **Tabela III. 7**.

#### Terrenos Parautóctones (E Orbacém)

Para estes terrenos são propostas as Formações Sapardos a Gandrachão, Formigoso (na área E do Maciço d'Arga) e Sr.<sup>ª</sup>das Neves (na área W do Maciço d'Arga) (**Leal Gomes *et al.* 2008**), possivelmente correlacionadas com a Unidade Minho Central (**Pereira *et al.* 1989**). Discriminam-se pela primeira vez as Formações de Vilar de Mouros (**Leal Gomes *et al.* 2008**), que se poderão correlacionar com as Formação de Sobrado (**Pereira *et al.* 1989**).

Tabela III. 7. Unidades Litoestratigráficas da ZCI e ZGT, discriminadas na proposta de revisão da Folha 1C (escala 1:50.000).

LITOESTRATIGRAFIA PROVÁVEL			LITOLÓGICAS	FORMAÇÕES - propostos por Leal Gomes <i>et al.</i> , 2008	SECTORES	FORMAÇÕES E UNIDADES - correlacionáveis com Pereira <i>et al.</i> , 1989	
ZGTM - Parautoctopne	DEVÓNICO?	Superior?	Ludloviano	Metagrauvaques impuros, formações psamopelíticas escuras e níveis gresos-quartzíticos cinzentos turmaliniticos e/ou carbonosos	Vilar de Mouros	E do Carreamento de Orbacém	Formação de Sobrado
	SILÚRICO	Indiferenciado	Venloquiano Landoveriano	Formações psamopelíticas metamorfizadas (micaxistos) com segregações quartzosas e quartzo-andaluzíticas venulares e intercalações de xistos negros, quartzitos ± silicificados, quartzitos negros e turmalinitos	Formigoso (E) Senhora das Neves (W)	W do Desligamento Vigo-Régua	Unidade Minho Central
Formações psamopelíticas metamorfizadas (micaxistos com intercalações de ampelitos, quartzitos e liditos) com segregações difusas quartzosas e quartzoandaluzíticas e com menor transposição de xistosidade em D3 Varisca				Sapardos a Gandrachão	E do Desligamento Vigo-Régua		
ZGT - Alóctone Inferior (?)	SILÚRICO	Médio	Landoveriano	(+++) Heterogeneidade da distribuição de metassomatitos turmalínico-micáceos e venulações de segregação silicatada associadas - focagem da deposição hidrotermal (metassomática a venular) de minerais mais susceptíveis a remobilização junto de corredores de cisalhamento e ambientes distensivos venulares	Formações do Domo de Covas	W do Desligamento Vigo-Régua	Unidades de Valença e/ou Vila Nune
				(++) Turmalinitos e produtos de evolução metamórfica de vulcanitos polimodais (ácidos, intermédios, básicos), bancadas maciças hiper-ferríferas (com pirrotite predominante ou com hematite predominante), sulfuretos maciços e bandados, fácies de tendência jaspilítica, rochas calcossilicatadas, rochas metacarbonatadas siliciosas (calcopelitos e calcopsamitos), rochas granatíferas (grossularitos e espessartitos), rochas carbonatadas em sentido estrito, rochas siliciclásticas, proto-fosforitos, proto-evaporitos (?)			
				(+) Litologias psamopelíticas-exalíticas turmalínicas com óxidos de Fe, Mn e Zn, turmalinitos, proto-fosforitos, felsitos e felsitos com sulfuretos disseminados, bandados ou mácifs, felsofiros, fácies vulcanoclásticas, tufo félsicos (tufitos), fácies de tendência jaspilítica, rochas porfíricas de composição intermédia, litologias vulcanogénica de composição basáltica, produtos de venulação precoce, rochas granatíferas (grossularitos e espessartitos), exalitos com hidrotermalização tardia silícica ou fengítica			
ZCI - Autoctone	ORDOVÍCIO	Superior		Metapelitos, metagrauvaques, meta-arenitos impuros, quartzitos		W do Carreamento de Orbacém	Formação do Sobrado
		Médio	Lanviriano - Landeiliiano	Xistos mais ou menos carbonosos ardosíferos por vezes siltíticos ferruginizados	Rio Tinto		Formação de Valongo
		Inferior	Tremadociano	Metaconglomerados siliciosos multi-recristalizados com segregações de quartzo e de óxidos de Fe	Pedras Ruivas		Formação de S. Justa
	CÁMBRICO	Indiferenciado		Filitos bandados heterogéneos escuros com leitos de siltitos	Cortelhas		Formação de Desejosa
			Metaconglomerados de matriz pelítica xistificados	Barrocas	Formação de S. Domingos??		

### Rochas Granitóides

Os granitos que afloram no Norte do País estão classificados segundo o seu período de instalação, relativamente aos principais eventos da orogenia Varisca e as suas características estruturais, petrográficas, mineralógicas, texturais e geoquímicas (Ferreira *et al.* 1987).

Os principais corpos granitóides correspondem a maciços de plutonitos mais circunscritos. Os mais precoces parecem ter morfologia laminar tal como se propõe para o granito de Santo Ovídeo (Leal Gomes, *cit por* Dias, 2012).

Na **Tabela III. 8** encontra-se uma discriminação das fácies granitóides nos domínios geoestruturais considerados para a área de estudo: antifórme de Caminha; maciços circunscritos com ou sem evidências de deslocamento; desligamento Vigo-Réguia. Inclui-se ainda o maciço de Gândara, constituído por rochas gnaissicas possivelmente Ordovícicas.

A descrição litológica e posicionamento orogénico decorre da proposta de revisão da carta geológica 1C (Leal Gomes *et al.* 2008).

As rochas granitóides anteriores à orogenia Varisca compreendem ortognaisses de grão médio essencialmente moscovíticos e gnaisses bandados. No mapa da Figura III. 15, localizam-se a NE, na região de Valença, com designação de ortognaisses da Gândara (**Tabela III. 8**). São rochas de textura foliada, de duas micas, granulado médio.

A variedade de granitóides Variscos é grande. Distinguem-se os que são contemporâneos em relação à 3ª fase de deformação (sin-D3) e outros sin a tardi-D3, tal como se apresenta na **Figura III. 14**.

Reconhece-se ainda um conjunto de granitos e granodioritos biotíticos, sin tectónicos relativamente a D3 que na área de estudo estão representados pelo granodiorito de Bertandos.

Os granitos sin-tectónico são os que têm maior representação e correspondem a a fácies de 2 micas de grão médio a grosseiro, por vezes com tendência porfiróide.

O plutonito circunscrito de Arga – maciço central relativamente à área de estudo - corresponde a uma fácies de grão grosseiro. Dias (1987) propõe uma idade de 305Ma para este granito. Outros granitos espacialmente relacionados com a área de estudo são os de Covas, de duas micas com fácies grosseiras e médias e o de Cerveira, de duas micas de grão médio com tendência porfiróide.

Segundo a mega estrutura Vigo –Réguia reconhece-se o granito de Romarigães de grão médio a fino e aspecto gnaissoide relacionado com a deformação imposta pelo desligamento.

Os granitos sin a tardi-tectónicos correspondem a fácies fundamentalmente biotíticas e porfíroides, representados a E pelo maciço de Paredes de Coura, que se estende para E do desligamento Vigo-Régua.

O granito de Santo Ovídeo foi datado com a idade de 330Ma (Dias 1987). Actualmente, considera-se a possibilidade deste granito ter uma idade anterior (Dias, 2012). Leal Gomes, *cit por* Dias (2012) propõe uma configuração laminar ao maciço. Dias (2012) reconhece uma continuidade geoquímica e temporal entre veios de segregação hiperaluminosos e o granito de Santo Ovídeo. Estes veios manifestam geometrias de acolhimento relacionáveis com a fase D2 e interfase D2-D3.

**Tabela III. 8.** Discriminação de granitóides proposta por Leal Gomes et al. 2008, para os domínios estruturais com representação na carta 1C, e ilustrados na Figura III. 15.

GRANITÓIDES	DOMÍNIOS				SITUAÇÃO OROGÉNICA
	<i>Antiforme de Caminha</i>	Maciços circunscritos ("deslocados")	<i>Desligamento Vigo-Régua</i>	<i>Maciço da Gândara</i>	
<b>Granitos porfíroides (sin a a tardi-tectónicos relativamente a D3 e precoces em D3)</b>					
Granito porfíroide de grão grosseiro essencialmente biotítico			Padornelo		TARDI-D3
Granodiorito a quartzodiorito biotítico de grão grosseiro a médio e de tendência porfíroide			Paredes de Coura		SIN-D3
Granodiorito porfíroide biotítico					PRECOCE EM D3
<b>Granitos de duas micas sin-tectónicos relativamente a D3</b>					
Granito de duas micas de grão médio com tendência porfíroide		Cerveira			
Granito de duas micas de grão grosseiro		Covas W, Lanhas (Góis)		Rubiães (Gândara)	SIN-D3
Granito de duas micas de grão médio		Covas E, Gondarém		Linhares	SIN-D3
Granito de duas micas de grão médio a fino gnaissóide			Romarigães-Sabariz		SIN-D3
Granito de duas micas de grão grosseiro		Arga			SIN-D3
Granito de duas micas - de grão médio - de grão grosseiro	Moledo				
Granito de duas micas schlierenítico por vezes turmalínico - de grão fino - de grão médio	Azevedo Cobertorinho				
<b>Granitos e granodioritos leucocratas e biotíticos com anfíbola ocasional - sin-tectónicos relativamente a D3 (subautóctones a autóctones)</b>					
Granodiorito biotítico com anfíbola ocasional		Bertiandos			SIN-D3
Granito leucocrata inhomogéneo essencialmente plagioclásico de grão médio a fino				Fontoura	
Granito porfíroide biotítico gnaissóide de grão fino				Taião-Mó	
Migmatito				Taião N	
<b>Ortogneisses possivelmente Ordovícicos</b>					
Gnaisse				Gândara	<ORDOVÍCIO?

### Corpos Filonianos e Massas Aplito-pegmatíticas

Os corpos pegmatíticos que ocorrem na área em estudo manifestam uma relação genética e um controlo estrutural associados à instalação e evolução do granito d'Arga e Santo Ovídeo. Intruem as formações meta-vulcano-sedimentares do Silúrico, situadas entre o carreamento de Orbacém (W) e o desligamento Vigo-Régua (E).

Associados a cisalhamentos pós-pegmatóides ocorrem corpos hidrotermais de tipo dilatacional. Trata-se de corpos filonianos e venulares de quartzo com sulfuretos e tungstatos. Alguns filões terão sido submetidos a *telescoping* com sucessivos episódios de mineralização expressos em geometrias em *crack seal*. Outros ainda apresentam estrutura brechificada.

As estruturas que veiculam estes corpos terão reactivado caixas aplito-pegmatíticas anteriores. Os principais cisalhamentos foram estabelecidos por **Leal Gomes (1994)** e incluem: Argas-Cerquido; Mãos-Ribeira da Fisga; Picoto Carvalho – Monteiro e Folgadoiro-Verdes. As direcções preferenciais incluem N-S e NW-SE.

### Depósitos Sedimentares Cenozóicos

Na discriminação dos depósitos sedimentares Quaternários, Pleistocénicos e Holocénicos, podem referir-se aluviões actuais e depósitos fluviais ou de estuário ligados ao Rio Minho e Lima, muito embora ocorram depósitos de menor expressão nas linhas de água que atravessam a área. Ainda depósitos litorais correspondentes a dunas e praias actuais.

No Pliocénico até ao Pleistocénico podem discriminar-se terraços fluviais que correspondem a depósitos arenosos e arenoargilosos com alternâncias de níveis de cascalho e horizontes argilosos homogéneos, distribuídos entre as cotas de 5 a 70 m relativamente aos leitos actuais dos rios de primeira ordem.

Alguns terraços muito heterogéneos, às cotas situadas entre 5 e 8 m, podem conter minerais densos, tais como: cassiterite, andaluzite, columbotantalite, corindo e turmalina. Estes foram descritos por **Leal Gomes *et al.* (2008)** para o rio Minho, a N de Vila Nova de Cerveira, em continuidade com a mega estrutura Vigo – Régua. Podem mencionar-se terraços afins, com concentração de óxidos de Ti, em cotas equivalentes, para o Rio Lima.

Referem-se depressões tectónicas eventualmente relacionadas com a reactivação de estruturas Variscas, possivelmente no Cenozóico. Nestas depressões pode ter ocorrido drenagens capazes de constituir depósitos do tipo *placer*, tal como se verifica na zona da Cumieira – Junqueiro.

### III.3. ENQUADRAMENTO MINEIRO

Em Portugal a actividade mineira tem tido um desenvolvimento descontínuo, pouco estruturado e mal articulado com a cadeia produtiva ou transformadora, muito embora o enquadramento legal, político e administrativo, em alguns momentos da história da indústria, prefigurasse a prevalência da mineração em relação a outros sectores de actividade e defendesse a salvaguarda de utilização no consumo interno dos produtos mineiros nacionais, em detrimento da importação. Bem representativos destas últimas disposições foram os subsectores do ferro (Custódio e Monteiro de Barros, 1984) e do carvão (Vasconcelos da Rocha, 1997).

O subsector de metais básicos como zinco e cobre ganhou maior importância nos finais do séc. XX, culminando com a descoberta de depósitos, como o de Neves Corvo, que desde aí tem mantido lavra regular (Rocha Gomes, 1958; Leal da Silva, 1996).

No território português, no decurso da história, o ouro terá sido, formal ou informalmente, o metal que mais vezes foi objecto de lavra mineira. No que respeita aos metais do grupo da platina, não existem indicadores claros sobre a sua relevância económica (Cotelo Neiva, 1945; Prichard *et al.* 1991), e por isso nunca foram objecto de exploração.

Os subsectores do tungsténio e estanho, foram os que mais dinamizaram a actividade extractiva em Portugal no séc. XX, muito embora a sua visibilidade e picos de produtividade alcançados, não tenham correspondido a um efectivo desenvolvimento das estruturas industriais que lhes estão associadas: metalurgia e transformação.

Estes subsectores tiveram períodos de *boom* (Avelãs Nunes, 2001-2002) ou períodos de *rush* (Leal da Silva, 2008) onde se verificaram múltiplos empreendimentos, com centenas de pedidos de concessão e a mobilização de populações em diversos dos principais focos mineiros. Como consequência verificaram-se valores de produtividade inconstantes, ou falaciosamente declarados, e uma deficiente organização das lavras, perante o insuficiente conhecimento dos depósitos e dos recursos minerais. Reflexo disso é o número de concessões e coutos mineiros atribuídos, que não corresponde à actividade mineira efectiva. A Figura III. 16, representando dados constantes do preâmbulo da “Lei do Fomento Mineiro”, de 1939, ilustra este facto.

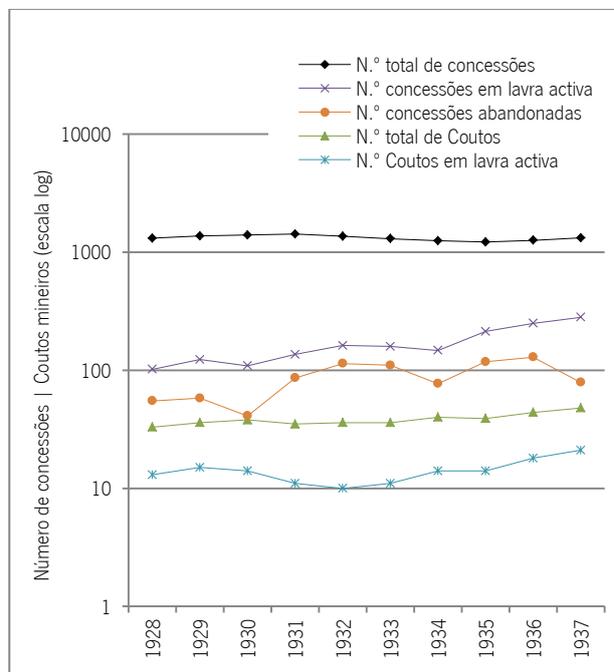


Figura III. 16. Número de concessões/coutos mineiras atribuídas no período de 1928 - 1937, que se encontravam em lavra activa e abandonadas (valores em DL n.º29725 de 1939).

Assim o sector mineiro português, desde os meados do séc. XIX a finais do séc. XX, não se impôs como um verdadeiro sector de fomento da economia, e esta fragilidade ainda hoje persiste.

Tal falta de afirmação poderá relacionar-se com o subdesenvolvimento económico do país, a recorrente falta de capital, a dependência tecnológica, a escassez de recursos humanos especializados, a cíclica descreditação administrativa, a subordinação a mercados externos e a opções geopolíticas internacionais, e, com maior gravidade, denuncia uma frequente falta de integração com a metalurgia e a indústria transformadora. Para os Autores que debatem estes assuntos existem duas abordagens essenciais:

- Histórica, social e administrativa: **Eschwege (1838), (Eschwege cit por Diniz, 1937,1939); Campos, (1957); Castro e Solla (1970); Duarte (1996); Vitorino (2000); Lage, (2000); Avelãs Nunes (2001-2002; 2005, 2007); Barroqueiro (2005); Brandão (2006);**
- Tecnológica (mineira e industrial): **Soares Carneiro (1959, 1972); Morais Cerveira (1966, 1986, 1988); Leal da Silva (1983, 1986, 1996); Leal da Silva e Lourenço Montes (1983), Oliveira (1994).**

À revisão bibliográfica acima mencionada, no que diz respeito às componentes de apreciação histórica e social, podem acrescentar-se estudos de incidência mais regional como os que a seguir se referem para distintos espaços mineiros:

Argozelo (Vimioso)	—	Brandão (2002)
Ervedosa (Vinhais)	—	Fernandes (2008)
Moncorvo (Moncorvo)	—	Custódio e Monteiro Barros (1984); Custódio e Campos (2002)
Valongo (Valongo)	—	Couto (2002); Amaro e Brandão (2006)
Castromil (Paredes)	—	Lima <i>et al.</i> (2005)
Pevão (Castelo de Paiva)	—	Vasconcelos da Rocha (1997)
Arouca (Arouca)	—	Vilar (1998) e Leal da Silva (2011)
Vale do Vouga (Águeda)	—	Vitorino (2000)
Gaia (Belmonte)	—	Silva (2010)
Panasqueira (Fundão)	—	Vaz Leal (1945); Alves (2000); Barroqueiro (2005, 2006)
Alcanadas e Chão Preto (Batalha)	—	Brandão (2006)
Mostardeira (Estremoz)	—	Brandão e Matos (2000)
Espadanal (Rio Maior)	—	Rocha (2010).
Faixa Piritosa do Alentejo	—	Gaspar (1998); Leal da Silva (1996)
Lousal (Grândola)	—	Tinoco <i>et al.</i> (1998, 2002), Rodrigues (2005)
Aljustrel (Aljustrel)	—	Alves (2002), Fonseca (2004) e Barroqueiro (2005)
São Domingos (Mértola)	—	Alves (1997)
Cercal (Cercal do Alentejo)	—	Alves (1999)
Ferrarias/Cova dos Mouros (Alcoutim)	—	Matos <i>et al.</i> (1999)

O presente trabalho atende ao período de 1870 - 1980, em que se levaram a cabo lavras mineiras concessionadas na RMArga. Aí se inscrevem pedidos de concessão, transferência, arrendamento, abandono, retoma, revogação e anulação que representaram administrativamente as actividades mineiras dedicadas às substâncias: Fe, Sn, W, As, Au, Nb-Ta (segundo a ordem de concessão).

### III.3. 1. Enquadramento Mineiro Histórico

Não é fácil a organização do quadro histórico mineiro português. Reconhece-se contudo que a história mineira é um factor decisivo na compreensão do EMA e, por conseguinte, na formulação de instrumentos de ordenamento do território mais completos e integradores de informações de cariz prospectivo e de cariz cultural enquanto afirmação territorial do EMA.

A actividade extractiva no território português e concretamente na região da Serra d'Arga, abrange períodos pré-históricos. Existem vestígios atribuídos ao Paleolítico (2,5Ma-8ma AC), com as chamadas indústrias líticas que dependiam da obtenção das matérias-primas, sobretudo quartzo, quartzito e quartzofilito, geralmente sob a forma de seixos rolados, empregues como pedra lascada em *bifaces, unifaces e triédros*. Destes exemplares restam numerosos vestígios, que integram inventários dedicados às bacias quaternárias onde se discriminaram estilos autóctones como o "lusitano" e "micro-lusitano" (Zbyszewski, 1966). Concretamente, no Minho, em formações (marinhas e fluviais) de cascalheiras na costa litoral e nos Rios Minho, Âncora, Lima, Neiva e Cávado foram reconhecidos achados do paleolítico inferior, com talhes particulares - predominantemente unifacetados - que a composição quartzítica das formações regionais terá imposto (Meireles e Cunha Ribeiro, 1991-1992).

Do Neolítico (10ma-6ma AC) podem referir-se os trabalhos de Serpa-Pinto (1928) dedicados ao asturiense do Litoral minhoto (Estações de Moledo - Vila Praia de Ancora - Afife). Entre os numerosos achados de uma indústria pré-neolítica a proto-neolítica o autor descreve *picos, machadinhos, pesos de rede, raspadores e lâminas*, feitos na maioria em quartzito.

A este período já se atribui a utilização do cobre nativo através da martelagem, para produção de pequenos utensílios, evoluindo a exploração mineira e a produção metalúrgica durante o Calcolítico ou Idade do Cobre (3ma a 2,3ma AC) e o Bronze Inicial (2,3ma a 1,5-1,3ma AC) (Jorge, 1990). Estudos de arqueometalurgia sobre objectos atribuídos a estes períodos incidem em primeira fase numa investigação dos espaços mineiros com lavra recente dedicada ao cobre, chumbo e zinco do Norte de Portugal (Oliveira, 2003).

A redução de minérios de cobre, ao fogo, já em plena Idade do Cobre, marcará o perfil de povos guerreiros e define as primeiras civilizações e impérios que vêm ocupar a Ibéria, dentro dos limites que hoje correspondem ao território português (Morais Cerveira, 1966). Como civilizações infra-estruturadas na riqueza e labor mineiro, bem como, na indústria metalúrgica que desenvolveram e souberam comercializar, Morais Cerveira (1966) destaca os Etruscos

(oriundos da ilha de Elba e da região da Toscana, na Itália) e os Tartessos (fixados no Sudeste e Sul da Península Ibérica, em toda a extensão da faixa piritosa).

A exploração mineira atribuída aos Tartessos (1000a AC) terá incidido sobre zonas meteorizadas e de enriquecimento supergénico em cobre, prata e ouro, restando importantes vestígios, como toneladas de escórias associadas às minas de São Domingos e da região de Rio Tinto, (Matos *et al*, 1999, 2010, Pérez Macias *et al*. 2011; JACMA, 2003, Pinedo Vara, 1963).

Nos períodos pré-históricos o ouro e a prata apresentavam interesse ornamental ou de ritualização, o seu aproveitamento incidia sobre ocorrências de tipo nativo (Morais Cerveira, 1966). Ao ouro associavam-se também minerais coloridos e preciosos – fosfatos, especialmente as variedades de turquesa e variscite (na terminologia arqueológica designados de “calaites”), entre outros minerais como moscovite, clorite e talco (Ferreira *et al*, 1999). Desta idade dos metais, destacam-se alguns achados na bacia do Rio Coura, descritos em Armbruster e Parreira (1993) e alguns estudos de mineralogia que lhes estão dedicados (Gonçalves *cit por* Ferreira *et al*. 1999).

Com a Idade do Bronze aparece a *paisagem rural* e os primeiros *castros* no NW Peninsular, cujos vestígios arqueológicos têm vindo a ser abordados em Vianna (1926) ou Silva (1983-1984 e 1990). Na fase de transição para a Idade do Ferro (1,3ma a 52a AC) observa-se uma maior intervenção das comunidades sobre o seu meio físico, “a paisagem transforma-se em território” expressão de Criado Boado (*cit por* Carvalho, 2008).

Na época pré-romana, na área meridional e ocidental do NW da Península Ibérica, está amplamente reconhecida uma região de “cultura castreja”, com muitos povoados (grandes povoados ou citânias) cuja “cultura” marca também a pré-história do NW português anterior à romanização (Martins, 1990). Aí foram reconhecidos vestígios de mineração de idade pré-histórica e proto-romana (castrejas, suevas e visigóticas), muitos dos quais, se localizam na região do Alto Minho (Vianna, 1926, 1930; Silva, 1994; Silva e Silva, 1998).

Os vestígios de extracção e tratamentos rudimentares de fundição terão marcado o povoamento entre os Rios Âncora e Neiva (Brochado, 2008), sendo reconhecida uma grande diversidade de vestígios de assentamentos dedicados à mineração, possivelmente para obtenção do estanho, que devem abranger um período tardi-romano a medieval precoce (séculos IV-IX).

As bacias dos Rios Cávado, Lima e Minho têm sido objecto do reconhecimento de indícios de actividade mineira. Guerra (1900) descreve objectos, moedas e inscrições romanas em Meixedo, Vilar de Murteda, Tourim (na ponte sobre o Rio Âncora) e Correlhã. Estes mesmos locais foram posteriormente estudados por Carvalho (2008) e Brochado de Almeida *et al*. (1992).

Alguns destes vestígios foram detectados nos trabalhos de pesquisa e exploração mineira levada a cabo no séc. XX. Alguns aparecem documentados (e ilustrados) nos planos de lavra das concessionárias ou nos relatórios de reconhecimento da CMNorte. Indicações a esse respeito surgem em Lima, 1996, 2006; Martins, 2005; Alves, 2007).

Estes indícios terão representado, por um lado, pistas para a prospecção e pesquisa recentes, mas também, eles próprios (escórias desmontes e cortas expostas) foram constituídos alvos de exploração nas primeiras fases de abordagem aos respectivos depósitos. Esta sobreposição de indícios da actividade extractiva entre testemunhos de períodos (pré) romanos e intervenções verificadas no decorrer do séc. XX, por vezes tornam complexa a atribuição de uma idade fidedigna às galerias, trincheiras e poços.

Em **Carvalho (2008)** encontra-se a descrição de um povoamento associado a áreas de concessão mineira recente (séc. XIX e XX), no sítio de Vila Mou (Ponte de Lima):

*“um povoado proto-histórico de baixa altitude, que deu lugar a um importante aglomerado romano, cuja continuidade na época suevo-visigótica e medieval está seguramente atestada”* e representada num conjunto vasto de achados. Este local situa-se num terraço fluvial, na margem direita do Rio Lima: *“o espaço ocupado distribui-se por três plataformas onde se dispersam cerâmicas de fabrico indígena, tegulae, dolia, fragmentos de ânforas, mós manuais, imbrices, escória de fundição e algumas prisões de gado. A abundância de vestígios cerâmicos estende-se da Cidade de Vila Mou até à zona de vale, junto ao rio Lima.”*

A mesma Autora refere o achado de uma necrópole no sítio da Quinta da Torre, a Sul da freguesia Vila Mou, aquando da demolição da igreja paroquial de Vila Mou, em finais do séc. XIX, onde apareceu uma *ara* dedicada a *Júpiter* com uma inscrição típica e ainda alguns capitéis identificados como visigóticos, também com inscrições. No mesmo local, refere a descoberta de fragmentos de cerâmica romana. Nos limites de uma área concessionada para o estanho, de meados do séc. XX (concessão mineira de *Rasas*), a Autora refere achados típicos da mineração romana, como lucernas. Este local fica situado no cruzamento de algumas *vias secundárias romanas*, a cerca de 9 km da *Via XIX*, o que reforça a atribuição, a esta vertente mais a Sul da RMArga, de um importante aglomerado (proto)histórico de exploração mineira, que poderá ter incidido tanto sobre o estanho como sobre o ouro que é designado de *vicus mineiro* (**Carvalho, 2008**).

Assim, pode dizer-se que a ocupação romana na região do Minho, com os seus vestígios e indícios de práticas mineiras e metalúrgicas, tem sido alvo de estudos alargados da arqueologia, entre os quais se podem referir: **Moreira, (1982); Brochado de Almeida, (1990. 1996), Martins (1990); Silva (1994), Lopes (2003), Brochado (2004)** tal como noutros territórios mineiros, cuja importância e abordagem ao tema é mais conhecida como: a região de Jales e Três Minas (**Allan, 1965; Wahl, 1998; Sousa e Pinto, 2002**), a região de Valongo (**Baptista et al. 2006, Amaro e Brandão, 2006**), e as regiões, de Aljustrel e São Domingos (**Alves, 2002**).

Relativamente à Idade Média o quadro mineiro aparece fragmentado e de difícil precisão. **Duarte (1996)** refere um hiato documental que medeia entre o período romano e a organização moderna da administração mineira, já no séc. XIX.

A revisão de factos e alguns documentos importantes, relativos à administração mineira desse início de século e reportada às lavras ancestrais desde o início da monarquia, podem encontrar-se em *“Subsídios para a História da*

*Montanística*” (Diniz 1937, 1939). Nestes estudos destacam-se dois nomes importantes na história da administração mineira moderna em Portugal: José Bonifácio de Andrada e Silva (luso-brasileiro) e Wilhelm Ludwig von Eschwege (ou Barão de Eschwege - alemão) – ambos ocuparam o lugar de Intendente-geral das Minas e Metais do Reino.

Enquanto existiu a Intendência Geral das Minas e Metais do Reino (1802-1836) a exploração de depósitos minerais e de oficinas metalúrgicas foi organizada sob o princípio do monopólio do Estado. Em Diniz, (1937, 1939) encontram-se fielmente transcritos documentos destes dois Intendentes em que se descreve e analisa o empreendimento mineiro levado a cabo em Portugal desde os primórdios da Monarquia. José Bonifácio de Andrada, realizou pelo Real Erário, nos finais do séc. XVIII, expedições científicas para o estudo da *montanística* e metalurgia, pelos centros mineiros e de formação na Europa, com destaque para Freiberg onde terá estudado Siderurgia.

Em Portugal, por essa altura, existia uma grande carência de técnicos e centros de formação, falha que perdurou por mais de um século, resultando na necessidade de requisitar mestres estrangeiros (desde mineiros a fundidores, refinadores e moldadores), com habilidade e prática para formar trabalhadores e desenvolver os estabelecimentos. Aquando da atribuição da Intendência a José Bonifácio, uma das suas diligências iniciais é a requisição de trabalhadores estrangeiros especializados, com vista ao arranque dos trabalhos mineiros. Quem respondeu a esse pedido foi a Prússia e outros estados alemães, enviando (equivocamente) directores e administradores de língua germânica, em vez de mestres e trabalhadores experientes. Entre os que chegaram a Portugal, em 1802, o Barão de Eschwege, veio a revelar-se um elemento decisivo nesta fase da administração mineira. Choffat (2010), sublinha o interesse dos trabalhos feitos por Eschwege nos inícios de 1800.

Em dois documentos assinados por Eschwege (1824, 1828), transcritos em Diniz (1939), referem-se as minas e estabelecimentos que, à data, mantinham a actividade mineira e metalúrgica. Nesta altura, estes eram domínios industriais indissociáveis, as minas e a metalurgia. Os locais referidos por Eschwege podem ser tomados como ensaios preliminares na abordagem técnica que começava a despontar no país, com a revolução industrial:

*Real Mina d’Ouro da Adiça* – a concessão da lavra deste depósito aluvionar tinha sido atribuída entre os reinados de D. Dinis e D. Manuel I. A área explorada situava-se entre as praias da Trafaria até à Lagoa de Albufeira e desde a Torre de S. Julião da Barra até Cascais; é José Bonifácio que retoma a lavra em 1814, sob administração régia; mas em 1828, Eschwege reconhece que o empreendimento é ruinoso e propõe que se concessionem as lavras a uma companhia particular pagando renda fixa, compatível com os lucros que até então se verificavam.

*Real Fabrica de Ferro da Foz de Alge* – no início do séc. XIX um facto interessante é a relação indissociável minas- metalúrgica (ou, na terminologia da época, montanística – metalurgia). Em Alge (Figueiró dos Vinhos), próximo do Rio Zêzere encontra-se um dos exemplos mais representativos desta complementaridade; aí se produziam peças de artilharia, munições e pregarias para o Arsenal da Marinha; a matéria-prima provinha das minas de Barrancos, Sobral, Corte d’Ordem, Loreira, Ribeira Velha, Vale do Cego, descrita como “ferro vermelho com muita hematite”. Eschwege refere que a exploração do ferro nesta zona terá existido desde a antiguidade, mostrando como vestígios pequenos fornos escavados. É também, vasta a tradição toponímica, especialmente, o termo, “ferraria”. Os primeiros alvarás para Ferrarias datam de 1657, durante a regência de D. Afonso VI, sendo dirigido às Ferrarias de Tomar (Fabrica de Prado) e Figueiró dos Vinhos (Fábrica da Machuca). Estes estabelecimentos mineiros-metalúrgicos foram dirigidos por mestres franceses. A sua actividade terá sido suspensa pelo Marquês de Pombal, numa altura em que se projectava a navegabilidade do Rio

Zêzere. A retoma deste processo, por José Bonifácio, no início de 1800, foi também ela suspensa aquando das invasões francesas, reiniciando-se com Eschwege, já na segunda década de 1800.

*Real Mina de Carvão de Buarcos* – próxima da Figueira da Foz, foi descoberta em 1780; foram aqui desenvolvidos trabalhos com pouca ou nula direcção técnica e a exploração tornava-se muito onerosa e perigosa pela proximidade ao mar e as inevitáveis infiltrações. Em 1802 é feita, nos arredores do Porto, a importante descoberta de S. Pedro da Cova que vem proporcionar até 1825 a sustentabilidade de todos os trabalhos mineiros até aqui descritos e sendo nesta data ambas as minas “desmembradas da Administração”, bem como “as minas de carvão de pedra descobertas e por descobrir”, dadas seguidamente de arrendamento por 20 anos, e em condições que Eschwege considera danosas, a uma Companhia de Minas de Carvão então constituída.

*Real Mina de Galena de Chumbo e Prata de Ventozello*, nos “termos de Mogadouro” - Trás-os-Montes - descoberta em 1806, esta mina caracterizava-se por depósitos que afloravam em Vilar do Rei, Santo Izidoro, Chacim, Castelinho e Quinta do Souto, em Mogadouro, e apresentava, segundo Eschwege, muitos *vieiros de galena de chumbo e prata* com conteúdos animadores em vários metais; a lavra inicia-se em 1818 mas, por falta de orientação e conhecimento técnico para a construção de equipamentos de desmonte e fundição do chumbo, esta mina mostrar-se-ia ruínosa; por isso, e por estar muito afastada dos centros de comercialização e embarque de mercadorias e sem vias de comunicação e acessos capazes, acabou por ser abandonada uma década após o arranque.

*Real Mina de Antimónio de Valongo* – descoberta em 1812, só em 1828 foi exportado o seu metal para a Inglaterra, não conseguindo competir comercialmente com o da Índia; Eschwege refere-se a esta área mineira da seguinte forma: “os trabalhos romanos na Serra de Santa Justa e São Gemil, perto de Valongo, pela sua natureza oferecem ainda grandes esperanças ao mineiro de serem premiados os seus trabalhos se seguirem os trilhos dos antigos. Sem pólvora que ainda naquele tempo era desconhecida para fazer arrebentar as rochas, eles levaram à força do picão as suas minas, de sorte que na Serra de Santa Justa acham-se alguns *vieiros lavrados e abertos desde a sua superfície até à profundidade ao nível da água, a qual esgotavam por meio de galerias e sem máquinas, e de certo não empreenderam estes penosos trabalhos que duraram séculos para tirar daqui algum metal inferior, como é o chumbo, cobre, mas sim ouro ou prata, e os minerais que ainda se acham nestas antigas minas confirmam esta conjectura.*”

*Lavra de estanho de Rebordosa* – descoberta no fim da primeira década de 1800, tinha a sua administração partilhada com Valongo. Por esta altura, havia já consciência da grande quantidade de estanho existente no Reino e de constituir uma Companhia que fundisse todo esse metal.

Pelos trabalhos consultados de Eschwege e Bonifácio de Andrada depreende-se que os serviços da Intendência Geral foram sempre marcados por grande inconstância nas suas acções e decisões.

Por essa altura o País atravessava uma época política instável, marcada pelas invasões francesas e os conflitos entre liberais e absolutistas, que levaram à guerra civil. As nomeações de cargos faziam-se por conveniências ideológicas e eram motivadas por aspectos militares e políticos. Também Eschwege foi afastado de Portugal (para o Brasil) e novamente chamado como militar, passando a ser secundário o cargo de Intendente.

**Eschwege (1838)**, numa obra reeditada em 2007 - *Memória Sobre a História Moderna da Administração das Minas em Portugal* - faz um extenso enquadramento da história mineira em Portugal, desde 1802 até à dissolução da Intendência Geral, em 1836. Nesse texto expressa a sua opinião relativa às oposições ao progresso das minas, que divide em razões de ordem moral e física.

Como “Oposições Morais” **Eschwege (1838)** refere: 1) “ministros de estado” sem conhecimentos técnicos, sem preparação mineira ou metalúrgica; 2) “ministros do território” em oposição constante por conflitos de jurisdição; 3) leis do Reino contrárias às leis das minas; 4) falta de formação e estabelecimentos de formação específicos em ciências montanísticas e metalúrgicas; 5) “génio intrigante” e insubordinado dos empregados e administradores; 6) trabalhadores sem dedicação e empenho pelo ofício que aprendem, “pouco lhes dá se hoje for mineiro ou fundidor ou amanhã sapateiro ou alfaiate”; 7) estabelecimentos sem harmonia entre si, parecendo governos estranhos e em guerras contínuas.

Como “Oposições Físicas”: 1) em 1827 não se tinha encontrado ainda nenhuma mina no Reino que se considerasse rica, muito embora se encontrassem minas de quase todos os metais, “mas ora são restos que os antigos deixaram, ora são vieiros de pouca possança, e de pouca profundidade, a quantidade dos metais não corresponde às despesas da exploração”; 2) pagamento elevado aos mineiros para trabalhos menores e em minas pouco ricas; 3) falta de estradas e rios navegáveis para o transporte de produtos, “a despesa do transporte para os portos de mar é quase tão grande quanto o que se paga pelos metais que vêm de fora do Reino (excepto ouro e prata)”; 4) falta de combustível para os estabelecimentos metalúrgicos, falta e demorada reposição de “mato” para fornos e construções.

Com a dissolução da Intendência Geral das Minas e Metais do Reino, em 1836, foram implementadas medidas liberais, com o intuito de reduzir a dependência e investimento do Estado e abrir a actividade ao empreendimento privado (**Avelãs Nunes, 2001-2002**).

As novas disposições legais atribuem a exploração mineira e a posse dos bens do subsolo como “inerentes à propriedade” (**Decreto de 13 /08 de 1832**). Muitos dos princípios esboçados neste diploma são retomados nos seguintes, e reforçados por regulamentação que viria a multiplicar-se na segunda metade do séc. XIX. Foram atribuídas cerca de 300 áreas de concessão mineira no séc. XIX, para as substâncias: Pb, Sn, Sb, “asfalto”, “carvão”, Cu, Mn, Zn, Au, Fe, W, “fosforite”, Mo e As (segundo a ordem cronológica da atribuição).

### III.3. 2. Enquadramento Legal da exploração mineira

Recuando na linha legisladora da actividade mineira, vários Autores indicam que a primeira lei de minas consistente se atribui ao reinado de D. Duarte, no ano de 1434, estando incluída no Art. 26º, Título XXIV do Livro II das “Ordenações Affonsinas”, (**Vasconcelos da Rocha, 1997; Lage, 2000; Lima, 2008, Coroado et al, 2010**). Não obstante, a organização das lavras mineiras da Adiça é atribuída ao Rei D. Dinis, no séc. XIII (**Diniz, 1939**).

No reinado de D. Manuel I, em 1516, formula-se uma “Nova Lei de Minas”, conhecida como “Regimento de Ayres do Quintal”. Ayres do Quintal veio a ser o “feitor-mor” das minas do Reino. Em 1557, na regência de D. Catarina estabeleceu-se o código mineiro português que perdurou até ao regime liberal, na década de 30, do séc. XIX (**Coroado et al, 2010**). Neste período, que remonta à Idade Média, **Duarte (1996)** refere que a exploração das riquezas minerais

sempre foi um direito régio inalienável, muito embora escasseiem fontes documentais e testemunhos da sua prática efectiva até 1800.

As principais leis que se impuseram desde o regime liberal foram associadas a um conjunto de indicadores ideológicos e de operacionalidade indicados na **Figura III. 17**. A matriz nesta figura pretende esquematizar sucintamente os seguintes diplomas:

Séc. XIX: **Dec. de 13/08/1832; Dec. de 25/11/1836** (designado de Decreto de Passos Manuel); **Lei de 25/07/1850; Dec. de 31/12/1852** (designado de “Lei de Minas”) e **DR de 9/12/1853** (ambos da autoria dos geólogos Carlos Ribeiro e Pereira da Costa); **Dec. de 30/ 09/1892**. Uma análise detalhada destes diplomas pode encontrar-se em **Avelãs Nunes (2001-2002)**.

Séc. XX: **Lei n.º 677 de 13/04/1917; Dec. n.º 18713 de 11/07/1930; DL n.º29 725 de 28/6/1939**, os diplomas compilados a partir de 1930 em **Castro Duarte e Dias Marques (1954)** e **Serrano (1959, 1969)**; estes Autores apresentam, além do texto da lei, algumas actualizações que vinham modificando o âmbito do direito mineiro fundamental – **Dec. n.º18713**, revogado pelo **DL n.º90/90 de 16/04 de 1990**.

Os diplomas **Portaria n.º 9.902 de 02/10/1941, DL n.º33707 de 12/06/1944 e DL n.º 35 445 de 03/01/1946** respeitam exclusivamente aos subsectores do tungsténio e do estanho e têm uma influência directa sobre a actividade mineira, sendo várias as formas de insurreição e protesto encontradas na RMArga. O primeiro vem condicionar o registo dos manifestos às substâncias W e Sn, declarando cativos os territórios dos distritos do Norte de Portugal, por esta altura aparecem nos Livros de Registos das sedes municipais manifestos sobre as mais variadas substancias, por exemplo “Antimónio, Arsénio, Ferro, Eremita, Manganese, Titânio, Enxofre, Scheilita e Mica”, registo para o “Sítio da Costa”, Vilar de Mouros – Caminha, em 10-12-1941 (**GEPPAV, 2013**). Os seguintes diplomas decretam em 1944 a suspensão da exploração, transporte e comércio de minérios de W e Sn e em 1946, o desbloqueio.

A estrita dependência destes subsectores a mercados associados a conflitos como a Primeira Grande Guerra (1914 - 1918), a Segunda Guerra Mundial (1939 - 1945) e, posteriormente, a Guerra da Coreia (1950–1953), originou uma grande instabilidade e descontrolo que os diplomas anteriores pretendiam inverter. Estes quadros legais influenciaram muito o empreendimento mineiro, nomeadamente na RMArga.

Após a lei de 1930, o **Decreto-lei n.º29 725 de 1939**, é considerado como Lei do Fomento Mineiro, pois assume claramente o objectivo de promover o desenvolvimento diversificado da produção mineira, que considerava estar mais dependente de iniciativas públicas e privadas, do que de disposições legais.

**INDICADORES**

Minas "são inerentes à propriedade"  
 Recursos do subsolo são propriedade do Estado  
 Registo do manifesto de descoberta em sede municipal  
 Direito do descobridor com atribuição de "prémio"  
 Período de prospecção e pesquisa sob licença  
 Concessão por tempo ilimitado  
 Atenuação dos efeitos de destruição e poluição  
 Compensação dos proprietários dos terrenos da superfície  
 Exigência de Director Técnico com habilitações reconhecidas  
 Publicação de éditos do pedido de concessão  
 Imposto proporcional sobre "rendimento líquido das minas"  
 Imposto fixo anual mediante a área de concessão  
 Aprovação prévia de "planos de lavra"  
 Apresentação periódica de relatórios das actividades e dados de produção  
 Licenciamento das oficinas de tratamento de minérios  
 Importação de maquinaria estrangeira com isenção de impostos  
 Criação de uma "Escola de Minas" e de "Escolas de Mineiros"  
 Suspensão da lavra  
 Subvenção de infra-estruturas e serviços públicos (vias, escolas, etc)  
 Requisição da demarcação de couto mineiro  
 Declaração de abandono da concessão mineira.

	1802 - Int. Geral M.M. Reino	1832 - Dec. de 13 /08	1836 - Lei de 25 /11	1850 - Lei de 25/07	1852 - Dec. de 31/12	1853 - DR de 9 /12	1892 - Dec. de 30/09	1894 -	1917 - Lei n.º 677 de13/04	1930 - Dec. n.º 18 713 de11/07	1939 - DL n.º 29 725 (28/06)	1990 - DL n.º90/90 de 16/04
Minas "são inerentes à propriedade"	×		×									
Recursos do subsolo são propriedade do Estado			■									
Registo do manifesto de descoberta em sede municipal			■									×
Direito do descobridor com atribuição de "prémio"												×
Período de prospecção e pesquisa sob licença												
Concessão por tempo ilimitado	?					■		■				×
Atenuação dos efeitos de destruição e poluição		?										
Compensação dos proprietários dos terrenos da superfície		?	■									
Exigência de Director Técnico com habilitações reconhecidas	?	?									■	
Publicação de éditos do pedido de concessão												
Imposto proporcional sobre "rendimento líquido das minas"						■	■	■			■	×
Imposto fixo anual mediante a área de concessão						■	■	■				×
Aprovação prévia de "planos de lavra"												
Apresentação periódica de relatórios das actividades e dados de produção		?										
Licenciamento das oficinas de tratamento de minérios						■			■			
Importação de maquinaria estrangeira com isenção de impostos												×
Criação de uma "Escola de Minas" e de "Escolas de Mineiros"	?											
Suspensão da lavra							■	■		■		
Subvenção de infra-estruturas e serviços públicos (vias, escolas, etc)												
Requisição da demarcação de couto mineiro												
Declaração de abandono da concessão mineira.			■									

**DISPOSIÇÃO LEGAL:** ■ regulamenta, ■ refere explicitamente, ■ Implícito, □ sem referência, × derroga, (?) não reconhecido

Abreviaturas da tipologia dos diplomas legais: Decreto (Dec.); Decreto Regulamentar (DR); Decreto-Lei (DL). Refere-se "Int. Geral M.M. Reino" ao período Administrativo entre 1802 e 1836, da Intendência Geral das Minas e Metais do Reino, a que se associaram alguns indicadores.

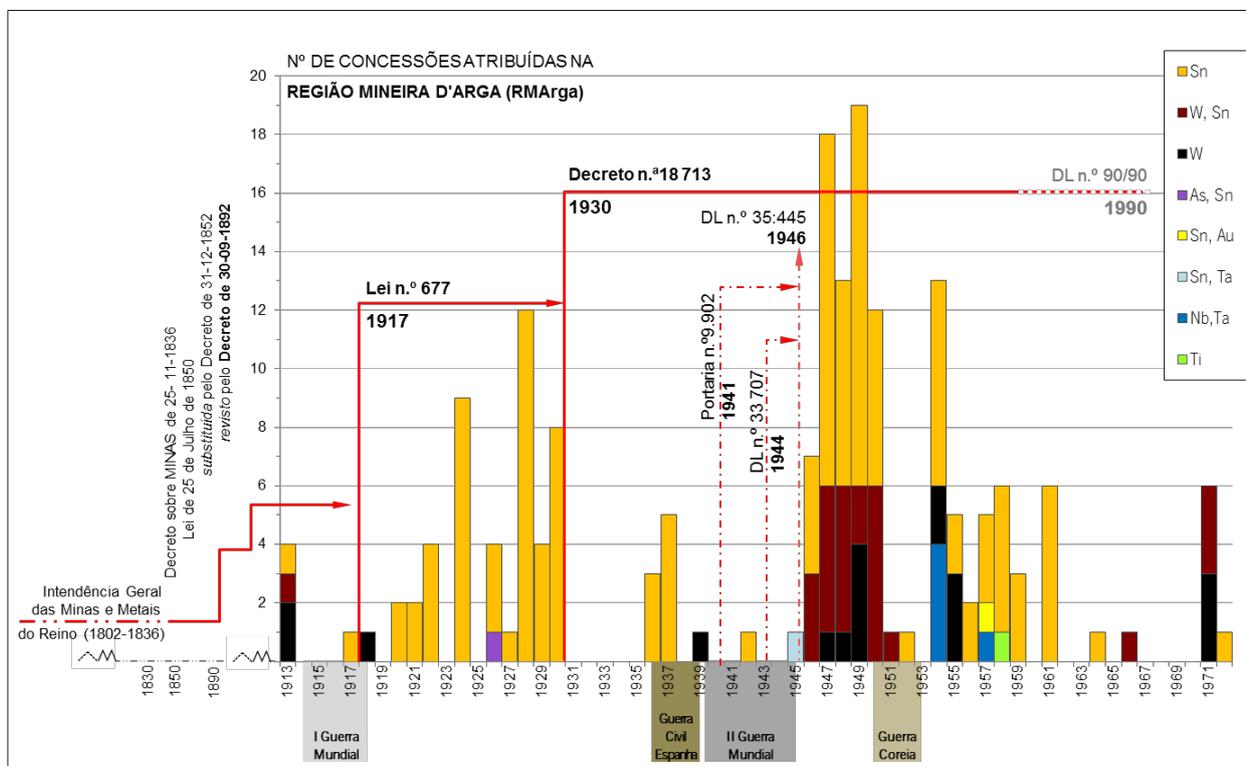
**Figura III. 17-** Matriz de indicadores ideológicos e da prática mineira, segundo as disposições de alguns dos diplomas legais estruturantes da administração mineira, do séc. XIX ao actual regime.

Incumbia-se o Estado de tomar medidas para estimular "e até forçar os particulares a não manterem inaproveitadas riquezas que ofereciam trabalho". Entre essas medidas, sublinha-se, o inventário sistemático das potencialidades do território, a exploração racional dos depósitos, a integração industrial dos produtos em circuitos de tratamento e transformação.

A falta reconhecida de "capitais necessários para certos trabalhos, e a pulverização das concessões e registos mineiros, tornavam impossíveis trabalhos sistemáticos e profundos, daí que "competia ao Estado o estudo sistemático da riqueza mineira do País para o seu melhor aproveitamento". A Lei do Fomento Mineiro aboliu determinadas taxas sobre o transporte de minérios, e sobre a importação de equipamentos mineiros, extinguindo parte da contribuição industrial. Regulamentou também a hipoteca de concessões e promoveu a prospecção e eventual exploração por parte

do Estado (caso isso se revelasse de interesse público). Estas medidas ficaram diluídas no período de “rush” que se seguiu, decorrente da II Guerra Mundial e da procura do W e também do Sn. Todas as ocorrências de tungsténio passaram então a representar uma oportunidade de lavra e uma forma certa de riqueza – fosse formal ou não – levando ao movimento generalizado da população em direcção aos fulcros mineiros. Os bloqueios legais seguintes, **Portaria n.º9.902 de 1941** e **DL n.º33707 de 1944**, acabam por obscurecer as figuras de registo e concessão (**Figura III. 18**).

Uma solução encontrada por parte das empresas mineiras foi o pedido de concessões (ou averbamento) dos metais nióbio e tântalo. Na RMArga veio a revelar-se importante, também pelas suas potencialidades no que respeita ao Nb e Ta (**Cotelo Neiva, 1944, Soares Carneiro, 1971; Dias de Carvalho, 1986**), que nesta altura começavam a ter emprego industrial e alguma expressão no mercado de exportação, com uma cotação elevada (**Dossier W, 102: CMNorte, 1955**).



**Figura III. 18.** Sucessão dos quadros legais ao longo do período em que houve atribuição de áreas de concessão mineira na RMArga.

A Guerra da Coreia (1950–1953) motivou uma retoma generalizada das minas de W e Sn. Os anos de 1951/52 e 1955/56 registam picos de produção de tungsténio (perto de 5000t/ano) a que se segue um decréscimo abrupto em 1958 (menos de 2000t/ano).

Na **Tabela III. 9** está patente a flutuação dos valores anuais do kg de concentrados de tungsténio no período situado entre 1946 (após o bloqueio preconizado pelo **DL n.º 33707** de 1944) e 1963 (dados do **Dossier W, 106: CMNorte, 1963**).

Tabela III. 9. Valores oficiais do kg de concentrados de W (em escudos). \*Valores reduzidos à unidade; + Suspensão da exploração

ANO	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962
\$/kg*	80	120	150	150	+	+	20	32	36	24	30	130	124	103	58	63	66	51	25	31	38	34	26

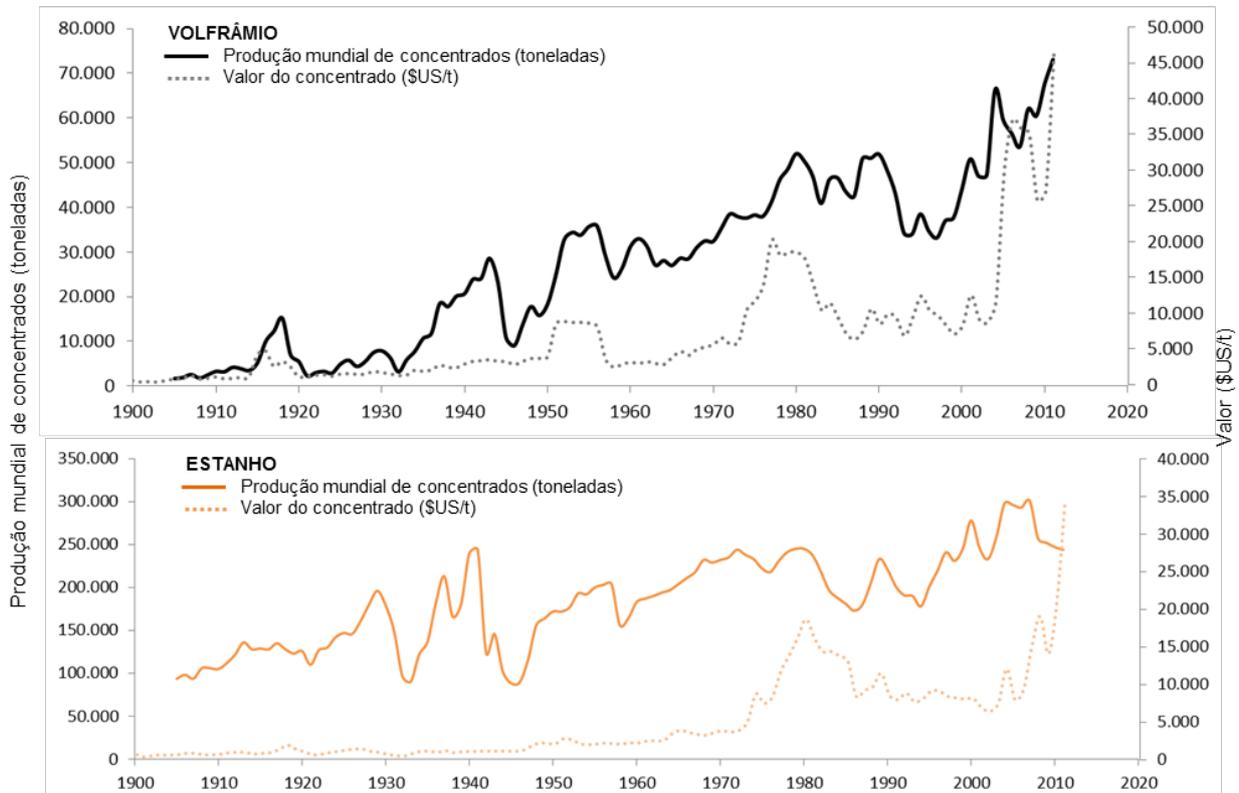


Figura III. 19. Valores relativos de produção mineira mundial de tungstênio e estanho entre 1900 e 2011 (USGS,2012)

No início dos anos 50 a par do fenómeno de resposta produtiva aos mercados de tungstênio, em fase de reorganização e incremento de stocks internacionais, a produção nacional de Sn e W ganhou também novo folgo, com a previsão de altos consumos, que não vieram a corresponder à realidade (Soares Carneiro, 1958).

No fim da década de 50, Portugal importava concentrados de cassiterite e mantinha uma indústria sobredimensionada relativamente à produção nacional (Leal da Silva, 1986). Impunha-se transformação e metalurgia secundária do Sn, suscitada pelas previsões de consumo de “folha-de-flandres” (material composto por ferro e aço, de baixo teor em carbono, e revestido com estanho), aplicada na produção de latas de conserva de alimentos. As unidades (metalúrgicas) entretanto constituídas foram dimensionadas para capacidades muito elevadas de fusão, dadas as previsões demasiado optimistas, relativas à produção de Sn das minas portuguesas (Leal da Silva, 1986). O Estado foi o maior consumidor de Sn para produção de “folha-de-flandres”(cerca de 40% da produção total de Sn em 1985 (Dossier W, 102: CMNorte, 1986), embora importasse boa parte da matéria-prima de que necessitava, cerca de 50%.

Nos finais da década de 1950, os custos da produção mineira tornaram-se muito elevados, com novas taxas e restrições sobre a exportação de materiais, tratamento dos minérios, limites e coimas para a poluição das águas

(Serrano, 1959, 1969). Todos estes factores acentuaram a instabilidade do sector. A produção de tungsténio em Portugal por essa altura representava 7% da produção mundial. Todavia, a queda abrupta das cotações (Tabela III. 9) foi decisiva para, nos anos de 1957-58, o subsector se apresentar em profunda crise.

A crise de 1958 justificou uma *acção administrativa urgente* e de relativa envergadura (Dossier W, 106: CMNorte, 1957), que consistiu na atribuição de subsídios às minas “*mais aptas*” (tendo em conta o custo de produção). Consideraram-se *minas aptas* “todas as que podiam produzir concentrados comerciais de alta pureza a preços iguais ou inferiores a 41\$00/kg”, valor que correspondia ao limite máximo do custo de produção de uma mina de dimensão média (Dossier W, 104: CMNorte, 1957). Aqueles subsídios tiveram carácter provisório, eram atribuídos à produção, sob condição de aproveitamento seguro, racional e económico e eram repostos *a posteriori* pela concessionária subsidiada. Contudo, estes subsídios foram formulados não para incentivo ao fomento ou acréscimo da produção, mas para uma manutenção produtiva mínima.

Na prática, aquele subsídio representava aproximadamente a atribuição de 10\$00/kg de concentrados (a cobrir o valor do mercado) para uma produção de 2.000t/ano, admitindo-se que a cotação de crise estagnaria em 26\$87/kg (Dossier W, 104: CMNorte, 1957). A medida constituía um empréstimo “de emergência”, pago pelo Fundo de Fomento Nacional, consignado como financiamento, que uma concessionária mineira beneficiária teria de liquidar por meio de sobretaxas, aquando da subida das cotações. Como se pode ver na Tabela III. 9 as cotações do W oscilaram entre 150\$00 (nos circuitos clandestinos ascendia a 400\$00/kg) em 1941 (designado “período áureo”) e 25 a 17\$37/kg em 1958 (período “trágico”), (Dossier W, 104: CMNorte, 1957). Os valores de produção atribuídos a este intervalo temporal encontram-se na Tabela III. 10.

Tabela III. 10. Contabilização das minas com produção em tungsténio e outros metais, de 1946 a 1962. (Dossier W, 104:CMNorte, 1963).

ANO	Produção anual das minas dedicadas em exclusivo ao W					Produção anual das minas dedicadas ao W e outros metais					TOTAL GERAL
	<12t	12 e 60t	60 e 240t	> 240t	TOTAL	< 12t	12 e 60t	60 e 240t	> 240t	TOTAL	
1946	2	1	-	-	3	9	-	-	-	9	12
7	30	6	-	1	37	21	4	-	-	25	62
8	36	3	-	1	40	28	5	-	-	33	73
9	18	5	-	1	24	21	5	-	-	26	50
1950	34	8	1	1	44	26	10	-	-	36	80
1	82	24	1	1	108	48	16	3	-	67	175
2	70	15	2	1	88	53	14	4	-	71	159
3	60	11	2	1	74	37	13	4	-	54	128
4	44	8	1	1	54	41	10	5	-	56	110
1955	29	8	2	2	41	41	14	5	-	60	101
6	25	10	2	2	39	27	15	4	-	46	85
7	26	8	2	1	37	32	9	3	-	44	81
8	13	1	1	-	15	24	2	1	-	27	42
9	8	4	1	-	13	12	5	2	-	19	32
1960	7	2	-	-	9	21	4	2	-	27	36
1	7	1	1	-	9	11	4	-	-	15	24
2	5	2	1	-	8	12	2	-	-	14	22

Ainda relativamente à *acção administrativa urgente* de 1958, a lista dos concessionários mineiros subsidiados ou beneficiados, foi dividida em 3 classes para efeitos de prioridade de subsídio, mediante factores “técnico-económicos”, “riqueza do jazigo”, “social-humano”, “moral” (ou de cumprimento de deveres fiscais) e “administrativo”, havendo uma atribuição de pontos até 3 para cada factor. Nessa lista constam concessionárias que lavraram exclusivamente na RMArga: a GEOMINA (somando 15 pontos, o máximo, 3 por factor), num escalão inferior surgia a Gaudêncio Valente & Faria (com 10 pontos, 2 por factor) e MINARGA (com 8 pontos). Outras concessionárias que lavravam na RMArga foram também contempladas, tais como: Companhia Mineira do Norte de Portugal (12 pontos); TACOMIL (9 pontos); Separadora Mineira de Gaia (8 pontos); Minerio Agrícola do Norte (7 pontos). MINARGA, com a mina de Cerdeirinha, acabou por apresentar uma produção muito acima do que seria conveniente, destacando-se como caso excepcional e merecendo tratamento específico (Dossier W, 104: **CMNorte, 1963**).

Como chefe da CMNorte, **Soares Carneiro (1958)**, apresentou medidas de fomento mineiro que terão vindo a repercutir-se em várias leis direccionadas à contenção dos custos da produção, à prevenção de acidentes e doenças decorrentes do trabalho mineiro, à diminuição de sobrecargas fiscais e do imposto *ad valorem* sobre as exportações e isenções da contribuição fiscal por tempo indeterminado, desde que a produção contribuisse para o fornecimento da metalurgia nacional. Foi também limitado o licenciamento de “separadoras de minérios”. Neste mesmo conjunto de acções de fomento incluíam-se incentivos à retoma de concessões abandonadas, com programas de fomento da exploração, bem como a adjudicação de áreas cativas, que não tendo sido concedidas eram, no entanto, reconhecidas como áreas de potencial mineiro.

Na década de 60, Portugal participou no International Materials Conference (IMC), integrando o Comité do Tungsténio – Molibdénio, constituído pelos maiores produtores e consumidores mundiais destes metais, agrupados no sentido de promoverem a coordenação da política internacional de produção, contingência, conservação, distribuição e consumo (Dossier W, 106: **CMNorte, 1963**). Neste congresso pretendia-se estabelecer, no plano internacional, as bases para cooperação internacional, no sentido de fomentar a produção de matérias-primas e produtos essenciais de elevada escassez, assegurando formas de utilização eficaz. Resultaram desta participação as recomendações: a) promoção de contractos a mais longo prazo; b) uniformização de preços semelhantes aos que se verificavam à data nos EUA; c) melhoria do equipamento mecânico; d) incremento da oferta de novos produtos, essenciais no desenvolvimento industrial. Defendia-se também uma maior assistência governamental para aumentar a produção, por exemplo: reduzindo encargos fiscais, apoiando a lavra e o tratamento e criando *stocks* nacionais, e promovendo a valorização e optimização das oficinas de tratamento mecânico e diagramas de tratamento químico, adaptadas à especificidade de cada depósito (Dossier W, 106: **CMNorte, 1963**).

Apesar do ambiente de confiança que este evento gerou entre as estruturas administrativas do subsector, não foi suficiente para acautelar as consequências de uma nova crise em 1963. Nessa altura persistiriam em lavra cerca de uma dezena de concessionárias, entre as quais a GEOMINA, na RMArga. Havia três unidades metalúrgicas para a

transformação do tungsténio: a C.M. da Borralha, a Minas e Metalurgia (actual Palbit) e ainda a Indústria Nacional de Produtos Químicos, com produção de transformados de tungsténio para exportação.

A última grande crise neste subsector data de meados da década de 80 do séc. XX, com o encerramento de todos os centros produtivos, com excepção da Panasqueira, mina que mantém produção até hoje. O estrangulamento económico que caracterizou este período deveu-se à continuada queda de cotações de W, dificultando uma exploração económica rentável, e deveu-se sobretudo às reformas laborais e dos serviços que foram implementadas na sequência da mudança de regime político, decorrente da revolução iniciada com golpe de estado militar de 25 de Abril de 1974. O concessionário do Couto de Valdarca (Dossier CM58, Relatório de Trabalhos, 1985) refere os seguintes marcos essenciais penalizadores da actividade extractiva:

- 1) queda das **cotações** (em US\$/u.m.t.WO3): 130 (1981) - 78 (1982) - 63 (1983) - 80 (1984) - 66 (1985);
- 2) subida do **gasóleo** (\$/l): 22\$50 (1981) - 32\$00 (1982) - 46\$00 (1983) - 60\$00 (1984);
- 3) subida da **energia eléctrica** (\$/kWh): 4\$01 (1981) - 5\$70 (1982) - 7\$06 (1983) - 10\$00 (1984);
- 4) subida do preço dos **explosivos** (\$/kg): 72\$00 (1981) - 95\$00 (1982) - 111\$00 (1983) - 154\$00 (1984);
- 5) subida do **salário mínimo nacional** (cts/mês): 12cts(1981) - 13.5cts(1982) - 16cts(1983) - 19.2cts(1984).

Muito embora se adoptassem práticas menos onerosas na exploração dos minérios, como a lavagem de escombrelas e o desmonte de maciços de protecção (Dossier do Couto de Valdarca, Relatório de 1982,1983), isto não evitou o encerramento generalizado das minas.

Com a entrada, em 1986, de Portugal na Comunidade Europeia o sector mineiro ficou condicionado por legislação comunitária que se veio a transpor para a legislação nacional e que se verificou ser limitativa da actividade extractiva, especialmente, no que respeita ao impacte ambiental, a um nível para o qual o sector mineiro não estava preparado tecnológica ou organizativamente. Data desta altura a selecção de alguns empreendimentos que foram então considerados ainda viáveis e susceptíveis de investimento válido (Tabela III. 11).

**Tabela III. 11.** Capacidade produtiva das concessionárias com lavra em 1985 (Dossier W, 106: CMNorte, 1963). GEOMINA única da RMArga.

Concessionários	Tout-venant (t/dia)	Concentrados Tungsténio (kg/dia)	Concentrados Estanho (kg/dia)	Situação
Mines de Borralha, SARL	480	1.200	-	Parada
MINARGOL - Complexo Mineiro de Argozelo, SARL	250	365	315	Parada
Companhia Mineira do Norte de Portugal, SARL	80	240	-	Parada
GEOMINA, Lda	50	65	-	Parada
Minas de Tarouca, Lda.	30	60	-	Parada
SOMINTO - Sociedade de Areia e Minas da Torre, Lda.	25	20	75	Parada
BEJANCA - Sociedade Mineira das Beitas, Lda.	140	20	80	Produz simultaneamente areias
Sociedade Mineira da Alegria, Lda.	90	12	80	Produz simultaneamente areias

Na década de 90, a produção extractiva nacional destaca-se não pela dupla de minérios tungsténio e estanho mas pelo cobre e estanho, provenientes da Faixa Piritosa. Todavia a produção manteve o mesmo grau de dependência do valor das cotações da bolsa dos metais, tendência que se mantinha em queda desde a década de 80. Segundo **Costa (1999)** o sector dos metálicos teria uma produção mineira nacional em 1978 de 24,8%, em 1988 de 10,6% e em 1998 de 21,0%, enquanto o sector dos produtos não metálicos apresentava respectivamente 62,6%, 82,1% e 78,9% da produção nacional. Esta tendência crescente da actividade mineira, mesmo considerando a influência do mercado externo, já resultaria da influência, segundo **Costa (1999)**, da nova lei dos recursos geológicos (**DL n.º 90/90**) que mudou radicalmente o código de conduta do sector, conforme já se sugeria na **Figura III. 17**.

Com o **DL n.º 90/90** desapareceram as figuras de registo mineiro e alvará de concessão; os direitos mineiros passaram a ser atribuídos em contractos administrativos para prospecção e pesquisa e para exploração, e negociados entre o proponente e o órgão da tutela. A concessão passou a ter um período limitado de duração, adequado ao volume de recursos e ao ritmo de exploração. Foram simplificados os processos administrativos e o cadastro mineiro. Detalharam-se questões de natureza ambiental, nomeadamente de preservação da qualidade do ambiente e recuperação paisagística, a obrigatoriedade de apresentar estudos de impacte ambiental (EIA), (se a área de exploração for superior a 5 ha ou a produção anual superior a 150 000 toneladas), bem como, a apresentação de cauções pelo cumprimento das obrigações assumidas e coimas que venham a ser aplicadas ao concessionário (**DL n.º 90/90**).

Um aspecto determinado pela nova legislação foi a redução significativa do número de concessões (passou-se de um número de 1015 em 1990 para 103 posteriormente) reduzindo em 1/3 a área do território coberta com direitos mineiros de exploração. Por outro lado, verificou-se o aumento de áreas com direitos de prospecção, passando de 2000 km<sup>2</sup> para mais de 5000 km<sup>2</sup> (**Costa, 1999**).

O sector mineiro, no final do séc. XX, praticamente não teve produção de carvão e apresentou uma produção residual de urânio. A produção de minérios metálicos deveu-se ao arranque da mina de Neves-Corvo. A produção de concentrados de tungsténio da Panasqueira subsistiu às oscilações de mercado. A mudança do accionista principal permitiu o escoamento dos concentrados e a manutenção da lavra, com redução da mão-de-obra (**Costa, 1999**). A produção de minérios de ferro-manganés no Cercal manteve-se pelo escoamento dos produtos na siderurgia Nacional.

A prospecção de minérios metálicos na década de 1990 atingiu valores muito elevados, sobretudo investidos pelo sector privado, com 27 contractos para metais preciosos e 21 para metais básicos (**Costa, 1999**). Todavia, o sector passa a lidar com um novo estrangulamento, não inteiramente novo, mas com forte visibilidade social, legal e administrativa – a exigência de estudos e avaliação do impacte ambiental. Projectos mineiros para metais preciosos, como Castromil, teriam sido inviabilizados por questões relacionadas com o impacte ambiental.

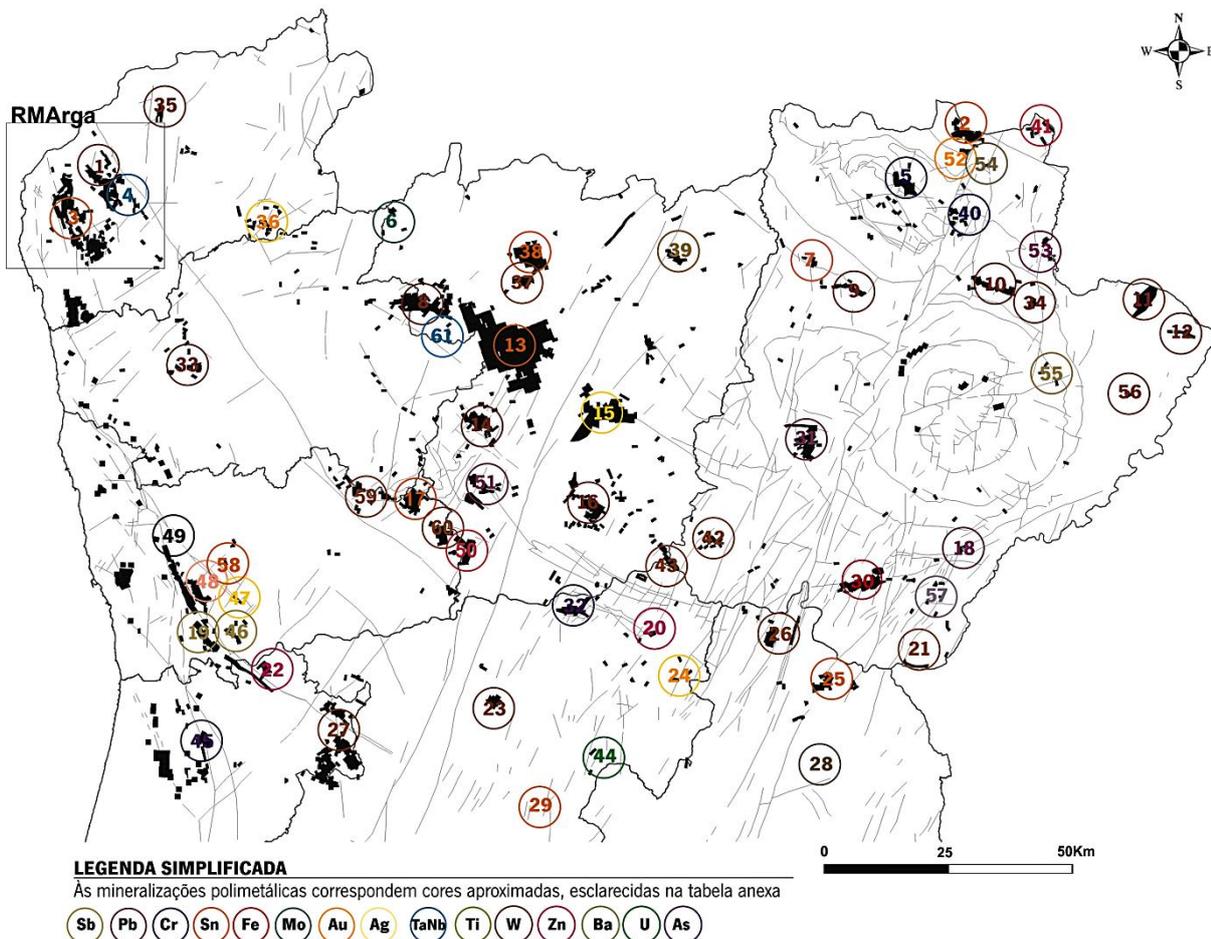
Não obstante, no que respeita a novos recursos base, foram alargadas as substâncias de interesse mineiro, como por exemplo os projectos de prospecção em Terras Raras (TR), na Beira Baixa e Norte do Alentejo, revelaram alvos de interesse (estrutura de Vale de Cavalos, em Portalegre), estimando-se a existência de 2,4 Mt de recursos com

teor médio de 0,435% de TR e 0,465% de TR, Sc e Y (Costa, 1999). Também a prospecção em Cr, Ni e metais associados no maciço de Bragança, em meados da década de 90 foi retomada com investimento significativo, muito embora não tivesse revelado resultados expressivos (Costa, 1999). Pesquisas para mineralizações litíferas na região do Barroso/Alvão, definiram recursos de 108 t, com 1,05% Li<sub>2</sub>O (Adagói) e 403 t, com 1,4% Li<sub>2</sub>O (Alijó) (Costa, 1999).

### III.3. 3. Antigas áreas de Concessão Mineira no Norte de Portugal

Para enquadrar este trabalho num contexto analítico e comparativo, seleccionaram-se algumas áreas de referência no Norte de Portugal pela sua antiguidade, produtividade e potencialidade. Estas áreas incluem concessões, grupos de concessões e coutos mineiros e localizadas na **Figura III. 20**. Dados relativos às substâncias concessionadas e às décadas em que se atribuíram aquelas concessões encontram-se na **Tabela III.12**.

As primeiras 30 áreas mineiras da **Tabela III.12**. são aquelas que tiveram maior importância produtiva e períodos de actividade mais estáveis no final do Séc. XX (Soares Carneiro, 1971). As restantes são referidas em publicações de síntese (Morais Cerveira, 1952; Pereira *et al.* 1993; Pereira e Meireles, 1998), e foram objecto de consideração no Plano Regional de Ordenamento do Território Norte (PROT-N), na rubrica de Recursos Geológicos e Hidrogeológicos (CCDR-N, 2009b).



**Figura III. 20.** Principais áreas mineiras (concessões e coutos) no N de Portugal. Polígonos a preto correspondem às áreas de concessão sobre os alinhamentos estruturais presentes na Carta Geológica de Portugal, folha 1, escala 1:500.000. Índices esclarecidos na **Tabela III.12**.

**Tabela III.12.** Áreas mineiras (concessões e coutos) com relevo no N de Portugal – Legenda à Figura III. 20. Substâncias-alvo e décadas em que foram concessionadas (a década a negrito indica aquela em que se verificaram maior número de concessões pedidas para a área mineira em causa).

N.º	NOME (LOCALIZAÇÃO)	SUBST	DÉCADA DE CONCESSÃO	N.º	NOME (LOCALIZAÇÃO)	SUBS.	DÉCADA DE CONCESSÃO
1	Valdarcas (Covas -Vila Nova Cerveira)	W	1950 - <b>80</b>	31	Freixeda (Latadas- Mirandela)	WAuAgSnAs	1920- <b>40</b>
2	Montezinho (Portelo-Bragança)	Sn	1870/1950- <b>70</b>	32	Santa Leocádia (Adorigo-Tabuaço)	PbW	1860-1640- <b>80</b>
3	Serra d'Arga (Caminha/Viana)	Sn	<b>1920</b> -60	33	Tibães (Braga)	W	1940
4	Monteiro (Cabração- Ponte de Lima)	SnNbTa	1930- <b>50</b>	34	Argozelo (Vimioso)	WSnAs	1890/1910-50- <b>70</b>
5	Pingarela (Abessedo-Vinhais)	Cr	1920- <b>40</b>	35	Chão do Virialho (Taião-Valença)	W	1940
6	Carriz, Borrageiro (Gerês)	WMoSn	1920- <b>50</b>	36	Muia, Godinhaços (Ponte da Barca - Vila Verde)	AuAg	<b>1950</b> -60
7	Ervedosa, Borralha (Vinhais)	SnAs	1900- <b>60</b>	37	Lavradas (Boticas-Montalegre)	SnW	1900-50
8	Borralha (Vieira do Minho/Montalegre)	WSnMo	1900- <b>50</b>	38	Bessa (Montalegre)	Sn	1920- <b>40</b>
9	Murçós (Vinhais)	SnW	<b>1940</b> -60	39	Estanheira (Chaves)	SnNbTaW	1920- <b>50</b>
10	Ribeira (Parada/Coelhoso-Bragança)	WSn	1870-90/ 1900- <b>10</b> -20-50	40	Bragança	CrCuAgFe	<b>1920</b> -40
11	São Martinho de Angueira (Miranda)	SnW	<b>1850</b> -1940	41	Guadramil (Rio d'Onor -Bragança)	FeAuMn SnW	1920
12	Ifanes (Miranda do Douro)	W	<b>1900</b> -50	42	Carrazedade de Ansiães	WSn	1950
13	Padroselos-Tamega (Covas do Barroso/Vila Pouca de Aguiar)	Sn	1910-40- <b>50</b>	43	São Mamede de Ribatua (Carrazedade)	WSnBe	<b>1920</b> -50
14	Adoria (Cerva-Ribeira da Pena)	WPb	<b>1900</b> -50	44	Fonte Velha (Sernancelhe - Aguiar da Beira)	U	1920
15	Jales-Três Minas -Gralheira (Vila Pouca de Aguiar)	AuAgPbSn	1910- <b>50</b> -80	45	Pintor (São João da Madeira)	AsW	1890
16	Vale das Gatas (Sabrosa-Vila Rea)	WSnPb	1880 / 1910- <b>50</b> -80	46	Montezelo_Melres (Gondomar)	AuPbSb	<b>1890</b> /1940
17	Vieiros (Amarante)	SnWTi	<b>1920</b> -30-40- <b>70</b>	47	Castromil (Paredes)	Au	<b>1940</b>
18	Lagoa-Fonte Santa (Mogadouro-Freixo)	WPb	1920- <b>50</b>	48	Santa Justa - Lagoa Negra (Valongo)	AuSbAs	1870-80-90/ 1900-30- <b>40</b>
19	Montalto, Tapada, Alto do Sobrido (Gondomar)	SbAuAs	1860-70/ <b>1940</b>	49	São Pedro da Cova-Pejão (Porto-Castelo de Paiva)	Carvão	1860- <b>80</b> / 1900-20-30
20	Várzea de Trevões (São João da Pesqueira)	PbZn	1860	50	Sta Marta de Penaguião (Vila Real-Peso da Régua)	FeSn	1870/ <b>1930</b> -65
21	Vale de Porros (Barca d'Alva - Freixo de Espada a Cinta)	WSnPb ( <i>fluorite</i> )	1900- <b>50</b>	51	Facuca (VilaCova-Marão)	PbFeWSn	1870-1920- <b>50</b> -70
22	Terramonte (Castelo de Paiva)	PbZnAg	1880/1900- <b>30</b>	52	Fonte Cova (França-Bragança)	AuAg	1910
23	Covas do Estanho (Tarouca)	Sn	1920-60- <b>80</b>	53	Paradinha (Quintanilha-Bragança)	Pb	1920
24	Santo António (Penedono -Viseu)	Au	<b>1940</b>	54	Alto da Carroceira (Aveleda-Bragança)	Ba	1960
25	Almendra (Vila Nova de Foz Coa)	WSn	<b>1950</b>	55	Cabeço da Mina (Algozo-Campo de Viboras -Bragança)	SbPb	1880-1910-40
26	Freixo de Numão (Foz Coa)	SnW	<b>1920</b>	56	Fontelatassa (Miranda)	W	1910- <b>50</b>
27	RioFrades, Regoufe, Alvarenga (Arouca)	WSn	1910-20-40-50	57	Ferronho (Carviçais-Moncorvo)	PbAuWSn	1920- <b>50</b> -60
28	Azevo (Pinhel-Guarda)	W(U)	1950	58	Rebordosa (Paredes)	(Sn)	1930
29	Queiriga (Rebentão-Vila Nova de Paiva)	Sn	1910- <b>40</b>	59	Seixoso (Telões - Amarante Felgueiras)	Sn	1920- <b>40</b>
30	<i>Torre de Moncorvo (Bragança)</i>	Fe	<b>1890</b> -1900	60	Rodas do Marão(Ansiães-Amarante)	SnW	1920- <b>30</b>
				61	Monte da Alvorada (Montalegre)	BeNbTa	1950

No relatório temático do PROT-N (CCDR-N, 2009b), apresenta-se uma breve descrição que atende às tipologias de depósitos explorados e encontram-se, ainda, alguns elementos relativos ao passado mineiro. Faz-se referência ao valor que estes depósitos podem representar territorialmente, e ao interesse em os preservar. Elaboraram-se quadros-

síntese, agrupando-os em tabelas de classes genéticas: **Tabela III. 13** - depósitos exógenos (de alteração meteórica e supergénica, de tipo detrítico e de tipo químico); **Tabela III. 14** - depósitos de origem metamórfica (metamorfismo regional e metamorfismo/metassomatismo de contacto); **Tabela III. 15** - depósitos magmáticos (rochas básicas e ultrabásicas e rochas granitóides – pegmatitos com cortejos hidrotermais); **Tabela III. 16** - depósitos de tipo filoniano relacionados com zonas de cisalhamento.

**Tabela III. 13.** Depósitos exógenos (de alteração meteórica, supergénica, tipo detrítico e químico) atribuídos ao Norte de Portugal (CCDR-N, 2009b)

	Substância	Região / Distrito	Área mineira mina/couto	Litologia hospedeira Reservatórios	Morfologia do depósito	Minerais acessórios	Referências mineiras / reservas	Indicações PROT-N
Alt. meteórica e supergénica	U	Trás-os-Montes Beira Interior	Faixa da Vilaríça Faixa de Ervedosa Carviçais Amarante-Cinfães <b>Sernancelhe 44</b>	Granitos e metassedimentos próximo dos contactos	Filoniano ou em disseminação intra-granítica	torbernite, (autonite e pechblenda)	Ocorrências na Horta da Vilaríça (945t U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ); Ervedosa (13t U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ); Cinfães (12t U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	Revela interesse, ocorrências a salvaguardar
	Fe	Braga	Serra de Rates	Formações gressosas e argilosas	Massas sub-superficiais	limonite, goethite, lepidocrocite	-	Sem potencialidade
	Mn	Braga	Balteiro	Formações silúricas	-	-	Teor de Mn a 23%	Sem interesse
Tipo detrítico	Sn (NbTa)	Viana do Castelo	<b>Serra d'Arga 3</b> (Meixedo e Gondar)	Bacias dos Rios Âncora e Lima	Aluvionar e eluvionar de pequena espessura	cassiterite,	Muito exploradas no passado	Pequena expressão
	Ti	Viana do Castelo	Campo Raso	Terraços do Lima	Aluvionar	ilmenite	-	Sem interesse
	W Sn	Trás-os-Montes	<b>Ribeira 10</b> <b>Ervedosa 7</b> <b>Murçós 9</b> <b>Carrazeda 42</b> <b>Vale das Gatas 16</b> <b>Covas do Barroso 13</b> <b>Bessa 38</b> <b>Borralha 8</b> <b>Adoria 14</b> <b>Vieiros 17</b> <b>Seixoso 59</b>	Bacias de drenagem	Eluvionar	volframite, cassiterite	Relação directa com áreas mineiras antigas	-
	Au (Sn)	Viana do Castelo	Trás Âncora <b>Ponte da Barca 36</b>	Curso alto dos Rios Âncora e Lima	Eluvionar e coluvionar	cassiterite Au-Ag pepitóide	Exploração artesanal	-
	Au (Ag Sb)	Trás-os-Montes	<b>Jales 15</b> <b>Freixeda 31</b>	Bacias de drenagem	Aluvionar	cassiterite Au-Ag	-Explorado até ao séc. II DC	Importante estação arqueológica mineira romana
Tipo químico	Fe	Trás-os-Montes	<b>Moncorvo 30</b>	Quartzitos do ordovícico em estrutura sinclinal	<i>Iron-stones</i> em bancadas intercaladas possantes (150 ±20m)	hematite limonite clorite pirite fosfatos (apatite, lazulite, rockbringite)	Reservas (por sondagem) 552,3 Mt (penalizante 0,3-0,7%P)	A preservar
	Fe	Trás-os-Montes	<b>Guadramil 41</b>	Quartzitos e micaxistos	bancadas (espessura 40m; extensão 4Km NW-SE, pendor 45°S)	siderite limonite	Reservas 5,5Mt (1Mt limonite)	A preservar

Aparentemente (**Tabela III. 15**) para algumas concessões, a dualidade da lavra incicente tanto em depósitos do tipo placer como em depósitos primários com eles relacionados terá justificado retomas de exploração e períodos mais alargados de actividade extractiva. Em alguns casos, na zona de alteração meteórica de formações vulcanosedimentares Silúricas, poderá ter ocorrido concentração de metais úteis, como o Ba, Fe e Mn por enriquecimento supergénico (**Pereira e Meireles, 1998**). Parece ser este o da mina de Aveleda (Bragança), representada pelo nº 54 na **Tabela III.12**.

A ocorrência de mais que uma tipologia de depósito primário é referida, por exemplo, no caso de Guadramil, indicado na **Tabela III. 13** como depósito exógeno, ligado a processos de concentração química. Estão-lhe atribuídos também depósitos filoneanos em zona de cisalhamento, mineralizados pelo Au.

Quanto aos depósitos de metamorfismo, discute-se actualmente o seu carácter singenético, na sequência de concentração vulcano – exalativa (tipo SEDEX), atribuída aos terrenos silúricos (Pereira et al, 1998; Leal Gomes e Dias, 2007; Dias, 2012). Nessa acepção pode admitir-se a ampliação de áreas de potencialidade e ocorrência (em profundidade) de substâncias metálicas como Au, Bi e W. Aos depósitos apontados na **Tabela III. 14** que podem encontrar-se nessas circunstâncias, na redacção do PROT-N, ainda não lhes era reconhecida esta potencialidade.

**Tabela III. 14.** Depósitos de origem metamórfica (metamorfismo regional e de contacto) atribuídos ao Norte de Portugal (CCDR-N, 2009b)

Substância	Região Distrito	Área mineira (mina/couto)	Litologia hospedeira Reservatórios	Morfologia do depósito	Minerais acessórios	Referências mineiras / reservas	Indicações PNOT-N	
Au	Trás-os-Montes	<b>Três Minas 15</b>	Quartzitos e unidade de xistos verdes cloriticos e sericiticos, muito siliciosos, associados a sulfuretos e oxidos	Segregações lenticulares de quartzo	Au, Ag, pirite, pirrotite, magnetite, arsenopirite	Extracção a céu aberto durante 150 anos (15-20Mt, com teor médio 10g/t Au) Sondagens (1985) revelaram teores baixos, com picos irregulares	Não está totalmente reconhecido. Interesse arqueológico – museológico.	
			Quartzitos e xistos cinzentos do Ordovícico	Camada única dobrada com eixos NW-SE	Magnetite, limonite, pirrotite, clorite, apatite, granada	Reservas de 3Mt Fe (63% Fe, 0,1% P; 9%SiO <sub>2</sub> e 0,005%S)	A preservar	
W	Minho	<b>Covas 1</b> (Cerdeirinha, Valdarças, Fervença, Lapa Grande)	Formações metassedimentares poligénicas silúricas	Estratiforme, tabular, lenticular	Scheelite, volframite, pirrotite, pirite, calcopirite, granada, apatite, anfíbolos	Explorada a partir de 1954 até 1982. Reservas (1979) 923Mt (0,78% WO <sub>3</sub> ), (67% scheelite; 33% volframite)	Não se considera esgotada A preservar	
			Complexo Xisto Grauváquico em dobra anticlinal com eixo de direcção E-W	3-5 camadas de skarns interestratificados (espessura 1,3m, extensão 1600m)	scheelite, arsenopirite, pirite, pirrotite calcite, zoizite, anfíbola, esfena, biotite, apatite, granada, plagioclase, vesuvianite	-	A preservar	
	Beira Interior	Alto Douro	<b>Tabuaço 32</b> (Santa Leocádia)	Complexo Xisto Grauváquico	Lenticulas de skarn (espessura 5-10m, extensão 200-300m)	Scheelite	Bastante explorada com lavra subterrânea e a céu aberto desde 1940 até à década de 1980	-
				Complexo Xisto Grauváquico da mancha do Douro	Níveis calcosilicatados e skarn (espessura 1,5m, extensão 200-300m)	Cassiterite, scheelite e sulfuretos	-	-
				Complexo Xisto Grauváquico do Douro	Lenticulas de skarn (espessura 1,5m, extensão 200-300m)	Scheelite	-	-
				Complexo Xisto Grauváquico	lenticulas de skarn (espessuras métricas e centenas de metros de extensão)	Scheelite	Exploração foi apenas iniciada	A preservar
				Complexo Xisto Grauváquico	lenticulas de skarn (espessuras métricas e centenas de metros de extensão)	Scheelite	Exploração foi apenas iniciada	A preservar

Os depósitos relacionados com processos magmáticos graníticos residuais e dos tipos, pegmatito, aplito-pegmatítico e hidrotermal, têm sido discriminados pelo seu cortejo de metais: Sn, Nb, Ta, Be e Li. Neste agrupamento e no conjunto dos pegmatitos de elementos raros distinguem-se, metalogeneticamente, os pegmatitos LCT (enriquecidos em Li, Cs e Ta) e os NYF (com muitos teores característicos de Nb, Y e F).

Para o Norte de Portugal, Leal Gomes et al. (2009), Moura et al. (2011), e Dias (2012) sugerem que o carácter NYF se relaciona com corpos precoces, da fase D2 Varisca (ou anterior) ultra-aluminosos (com crisoberilo e/ou corindo e raramente topázio), não apresentam minerais de Li mas podem apresentar rara tapiolite. Aqueles autores referem que

a sua viabilização económica é improvável. A especialização LCT é mais abrangente no que respeita a condições de implantação (desde precoce em D2, até Sin-D2 ou Tardi-D3). Estes pegmatitos apresentam assinaturas metaluminosas a peraluminosas relacionáveis com granitos de duas micas a essencialmente biotíticos (Moura *et al.* 2011).

Os corpos LCT podem atingir grandes dimensões, apresentando paragénese complexas (polimetálicas e com diversas mineralizações de Li, nióbio-tantalatos, cassiterite, volframite, berilo, minerais de T. R., granadas e minerais cerâmicos (Moura *et al.* 2011). Muitos destes depósitos terão sido os mesmos que, no passado, foram explorados pelo Sn.

**Tabela III. 15.** Depósitos relacionados com rochas básicas e granitóides, atribuídos ao Norte de Portugal (CCDR-N, 2009b).

Subst.	Região Distrito	Área mineira (mina/couto)	Litologia hospedeira	Morfologia do depósito	Minerais acessórios	Referências mineiras / reservas	Indicações PROT-N	
rochas básicas e ultrabásicas	PI (MGP)	Trás-os-Montes	<b>Bragança 40</b> <b>Vinhais 5</b> Morais - Macedo de Cavaleiros	Rochas cromitíticas (em fissuras e cavidades da cromite e magnetite), em rochas magnetíticas, serpentiniticas e peridotíticas	Bandas, lenticulas e bolsadas. PI em pequenos grãos micrométricos, cavidades e fracturas	Cromite e magnetite	Ocorrências pontuais e esporádicas. Não parecem existir ocorrências com teores interessantes.	Concessão de prospecção e pesquisa.
	Cr	Trás-os-Montes	<b>Bragança 40</b> <b>Vinhais 5</b> (Abessedo) Morais	Rochas serpentiniticas e peridotíticas	Mineralização disseminada ou em bandas, lenticulas e em massas variando formas e dimensões (cromititos)	Cromite e magnetite	Ocorrência com exploração regular até 1958. Teor de Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> varia entre 40-48%. Exploradas 1500t	Concessão de prospecção e pesquisa
rochas granitóides	Sn, Nb Ta	Minho	<b>Serra d'Arga 3</b> <b>Ponte de Lima 4</b>	Exocontacto de alguns maciços de granitos de duas micas, sin e tardi tectónicos	Filões e massas de dimensões variáveis (> 10m a 1-2m, extensão > 100m. Direcções N10°E, NNW-SSE, E-W.	cassiterite, columbo-tantalite, volframite turmalina	Exploração intensa no passado para Sn	Têm em geral interesse. Deve ser preservado.
	Sn, Nb Ta	Trás-os-Montes e Alto Douro	<b>Seixoso 59</b>	Maciços de granitos de duas micas, sin e tardi tectónicos	filões aplitepegmatíticos com mineralização disseminada, por vezes concentrada nos encostos do filão com o encaixante	cassiterite, columbo-tantalite, turmalina, apatite, rútilo, carbonatos, ilmenite, magnetite, espodumena, topázio, sulfuretos	Exploração intensa no passado para Sn (Nb e Ta).	Concessão activa. Têm em geral interesse. Deve ser preservado.
	Sn, Nb Ta	Trás-os-Montes e Minho	<b>Tâmega13</b> <b>Bessa 38</b>	Maciços graníticos da serra da Cabreira e da serra do Barroso	Mineralização disseminada na matriz aplitepegmatítica, direcções mais frequentes NW-SE e NNE-SSW	Cassiterite e columbo-tantalite em pequenos cristais (<5 mm)	Teores de 1-2kg/t de cassiterite. Centenas de ocorrências mineiras, com exploração intensa no passado Filões com Li atraem empresas para exploração de cerâmicos	Área de potencial mineiro elevado
	Sn	Trás-os-Montes e Alto Douro	<b>Amarante17</b> <b>(Vieiros)</b>	Xistos com andaluzite de idade devónica	Filões aplito - pegmatíticos (3-4 até 10m de espessura)	cassiterite, columbo-tantalite, rútilo sulfuretos (Au e Ag esporádicos)	Passado teve exploração teor médio de corte era de cerca de 5kg/t de cassiterite.	Concessão activa
	Li	Minho	<b>Serra d'Arga 3</b> <b>Cabração 4</b>	Xistos silúricos	Filões segundo orientação NW-SE	Petalite, espodumena e ambligonite lepidolite e zinwaldite	-	Reservas de materiais cerâmicos - a preservar
	Li	Trás-os-Montes e Alto Douro	<b>Adoria 14</b> <b>Boticas 37</b>	Xistos silúricos	Filões lenticulares (possanças 1- 30m extensão >100 m)	Espodumena, petalite eucryptite e por vezes lepidolite	-	Reservas de materiais cerâmicos - a preservar

A RMArga, com referências 3 e 4 da **Tabela III.12**, inclui um elevado número de minas dedicadas ao Sn e também Nb e Ta. **Rodrigues, et al. (2011)** referem uma especialização metalogenética contrastante de alguns depósitos da RMArga, identificando a presença de minerais tipomórficos diferenciadores dos tipos LCT e NYF.

Os depósitos filonianos em zonas de cisalhamento (ZC) caracterizam-se por uma grande heterogeneidade, dada a natureza do encaixante (metassedimentar ou granitóide) e a mineralização. Podem estar associados a cisalhamentos dúcteis, activos da D1 à D3 Varisca, reactivados em D4 como desligamentos frágeis. **Pereira e Meireles (1998)** propõem uma tipologia por encaixante e segundo o escalonamento dos eventos Variscos e a especialização metálica. Distinguem aqueles Autores depósitos em ZC reactivadas de D1 a D3 Variscas e rochas encaixantes metassedimentares com as especializações (**Tabela III. 9**): As-Pb-Zn-Cr-Ag-Au (Escádia Grande – Serra da Lousa); As-Pb-Zn-Ag-Au (Gralheira); As-Fe-Au (exemplo Guadramil – Rio d’Onor); Sb-Au; Sb-Au e As-Au (exemplo das minas Alto de Sobrido e Montalto, Tapada e Sta. Justa).

Os depósitos em ZC da D3 Varisca, surgem em rochas metassedimentares e apresentam as especializações: As-Fe-Pb-Zn-Cu-Au-Ag (Sb-Cd) (exemplo Três Minas); As-Fe-Au-Ag (exemplo de Castromil).

Quanto aos depósitos de ZC posicionados em granitoides, eles apresentam especialização W-Bi-Cu e As-Fe-Au (Ag). Pode referir-se o exemplo de Penedono, Jales e Poço das Freitas (Chaves). Ainda para a especialização (W-Bi-Cu) e As-Fe-Au são de referir as minas de Godinhaços em Ponte da Barca e Muia em Vila Verde.

Minas com incidência em Pb-Zn, cujas mineralizações ocorrem em várias estruturas de cisalhamento activas em D3, compreendem depósitos geralmente de menores dimensões e de preenchimento quartzoso, com galena, blenda e sulfossais de Ag e Bi. Exemplos dessas minas, algumas com lavra desde o séc.XIX, estão representadas na **Tabela III. 9**: Terramonte (Pb-Zn-Ag); Várzea de Trevões (Pb-Zn); Adorigo (Pb-W); Paradinha (Bragança) (Pb); Cabeço da Mina (Bragança) (SbPb); Carviçais (Moncorvo) (PbAuW).

A zona de cisalhamento definida pelo Sulco Carbonífero Dúrico-Beirão impõe-se como um alinhamento geológico e mineiro de grande importância regional, a que se pode atribuir o maior período de lavra, documentado, desde 1804 (**Tabela III.12** e **Figura III. 20**).

Outra mega estrutura importante, no contexto dos depósitos filonianos é o lineamento de Porto-Tomar entre a ZCI e ZOM. A este lineamento está associada uma brecha quartzosa com diversas mineralizações (W-Sn; Cu-As-Pb-Ag-As) e enclaves metamórficos precâmbrios e paleozóicos, sujeitos a reactivações sucessivas dos ciclos Varisco (dúctil) e Alpino (frágil) (**Pereira e Meireles, 1998**). Esta estrutura tem sido designada por filão metalífero das Beiras e foi alvo de várias explorações desde meados do séc. XIX, como é o caso da Mina do Pintor (S. João da Madeira) (**Tabela III.12**).

**Tabela III. 16.** Depósitos hidrotermais relacionados ou não com zonas de cisalhamento. Atribuídos ao Norte de Portugal (CCDR-N, 2009b)

Substância	Região Distrito	Área mineira (mina/couto)	Litologia encaixantes	Morfologia do depósito	Minerais acessórios	Referências mineiras / reservas	Indicações PROT-N
Sn (W)	Minho	<b>Ponte de Lima 4</b> (Boavista)	Exocontacto metassedimentos silúricos e granito de duas micas.	Filões com mineralização dispersa no quartzo, enriquecida nos encostos onde ocorre mica branca (possança <1m, extensão até algumas centenas de metros)	Cassiterite Volframite	-	-
Sn	Trás-os-Monte	<b>Montesinho 2</b>	Xistos e quartzitos Ordovícicos e em parte no granito	Filões numerosos (espessura média de 60cm, orientação NE-SW, extensão 300m e 100m de profundidade)	cassiterite (calibre grosseiro), óxidos arsenopirite	Bastante explorada desde 1958. Reservas 189mt Reservas prováveis 1,8Mt. (1981)	Situada no Parque Natural de Montesinho
W Sn	Trás-os-Monte	<b>Ribeira 10</b>	rochas xistentas do silúrico	filões e filonetes quartzosos direcção predominante NW-SE e pendor 70°SW.	cassiterite e volframite scheelite, apatite, quartzo, arsenopirite.	Teor médio 3,2kg/t, 3,6kg/t de cassiterite 0,6kg/t de volframite	-
Sn	Trás-os-Monte	<b>Ervedosa 7</b>	bordadura do granito de duas micas e contacto com o Complexo Xisto Grauváquico	filão espesso pouco mineralizado cortado por uma rede de filões estreitos bem mineralizados (tipo stockwork), (direcção NW-SE / 80°NE).	cassiterite, columbo-tantalite, volframite, arsenopirite, blenda, pirrotite, apatite, fluorite	Exploração desde 1909 com trabalhos subterrâneos	Sujeita a reconhecimento para eventual retoma
W	Minho	<b>Valença 35</b> (Chão de Virialho)	Granito de duas micas	filões subhorizontais (possança 20cm)	volframite	Explorou entre 1943 e 1957	-
W Sn	Douro	<b>Arouca 27</b> (Rio de Frades, Regoufe, Alvarenga)	Contacto do granito de Alvarenga com o Xisto Grauváquico	filões quartzosos	volframite e cassiterite	-	-
W	Trás-os-Montes	<b>Ifanes 12</b> <b>Fontelatassa 56</b>	Granitóides, quer biotíticos com foliação	-	volframite, e/ou scheelite, sulfuretos	648 000t de reservas minério explorável (1979)	-
W Sn	Trás-os-Monte	<b>S. Marnede de Riba Tua 43</b> <b>Fonte Santa 18</b>	Granitos de duas micas foliados	-	volframite, e/ou scheelite, por vezes a cassiterite, sulfuretos	-	-
W Sn Mo	Minho Gerês	<b>Carris 6</b>	Granitóides pós tectónicos	Filões quartzosos (direcção NW-SE)	volframite, scheelite, molibdenite, arsenopirite, pirite, calcopirite, blenda, minerais de Ag e Bi	Teor médio 2kg/t	-
W Sn	Trás-os-Monte	<b>Argoselo 34</b>	Complexo Xisto Grauváquico	Dois sistemas de filões (direcção N-S e NE-SW)	cassiterite, scheelite, arsenopirite, pirite, pirrotite, blenda, estanite	Teor médio de 2,5kg/t de Sn e 1,5kg/t de W Reservas certas de 720.000t e de 1 Mt de reservas prováveis (1992)	Abatimento do terreno comprometido e retoma subterrânea
W Sn	Trás-os-Monte e Alto Douro	<b>Vale das Gatas 16</b>	Complexo Xisto Grauváquico	Filão principal E-W/ 28°S e ENE-WSW/22°SE. Espessura de 20 a 50cm. Depósito compartimentado por falhas em 4 zonas	cassiterite, volframite, blenda, pirrotite, estanite, arsenopirite, galena, fluorite minerais de Ag, Bi	Teor médio de 4kg/t. Teve produção regular até à década de 1980	Parece reunir ainda algumas potencialidades
W Sn Mo	Minho e Trás-os-Monte	<b>Borralha 8</b>	Complexo Xisto Grauváquico	Filões quartzosos E-W/45-60°N espessura 0,5 -1m, brecha de colapso com blocos de quartzo, xisto e granito cimento quartzoso	volframite, scheelite, calcopirite e sulfuretos de Ag, Bi, Mo	mina com grande relevo, produção ininterrupta entre 1903 e 1983	Parte significativa do campo não está conhecida.
Depósitos associados a zonas de fractura profunda da crosta em zonas de cisalhamento com reactivação polifásica (Pereira e Meireles, 1998)							
Au Ag	Trás-os-Monte e Beira	<b>Jales 15</b> <b>Penedono 24</b>	granitos de duas micas	Filoniano quartzoso	Au Ag, volframite, galena, cassiterite	Explorada desde tempos romanos	Potencial
Au Ag	Trás-os-Monte	<b>Gralheira 15</b> <b>Freixeda 31</b>	metamórfitos paleozóicas	Filoniano quartzoso	Au Ag, volframite, cassiterite, arsenopirite	-	Potencial
Au Ag	Minho	<b>Muia - Godinhaços36</b>	granitos porfiróides biotíticos	Filoniano quartzoso	Au Ag	-	Potencial

### III.3. 3.1. Distribuição de Concessões Mineiras no Norte de Portugal

A Carta Mineira de Portugal, escala 1:50.0000, de **Thadeu (1965)** ilustra indirectamente a distribuição de jazigos minerais através da representação das áreas de concessão mineira atribuídas. Esta representação segue critérios já utilizados na Carta Mineira de 1929 (**Vianna, 1952**). Em ambas as cartas mineiras localizam-se todas as concessões atribuídas desde 1836 até 1965, independentemente da situação em que se encontravam (suspensas, abandonadas, anuladas). Esta representação possibilitava, ainda que de modo grosseiro identificar os principais eixos de orientação das estruturas mineralizadas, no caso de se tratar de jazigos filonianos e estratiformes. Por norma, na atribuição e demarcação do polígono mineiro, tinha o seu eixo maior, paralelo à direcção de alongamento do jazigo.

Na **Figura III. 20**, atrás, foram apresentadas as áreas mineiras do N de Portugal que, no passado, tinham maior impacte económico, projectadas sobre um fundo de lineamentos estruturais. Na **Figura III. 21** apresenta-se agora a panorâmica passada, presente e prospectiva do mesmo espaço mineiro. O mapa com a distribuição das concessões atribuídas de 1836 até 1992, **Figura III. 21A**, à semelhança da Carta Mineira de Portugal (Thadeu,1965), é sobreponível ao formato digital e georreferenciado, da Carta de Ocorrências da **SIORMINP (LNEG, s/d)**.

Com vista à comparação do espaço mineiro concessionado, passado e actual, apresenta-se a **Figura III. 21B** com a distribuição das áreas mineiras mais recentemente atribuídas pela **DGEG, 2013**. Neste mapa incluem-se as áreas em situação de contrato de exploração e em lavra experimental, tal como está previsto no **DL n.º90/90**. Ainda se discriminam as áreas para as quais existe um pedido formal nas duas modalidades, que à data ainda não foi atribuído.

Na RMArga, a área de Covas, está na situação de pedido de lavra experimental. Apenas uma área está atribuída à exploração de minerais industriais (Formigoso). Da mesma fonte, **DGEG, 2013**, foi possível apurar as áreas que actualmente estão em situação de contracto de prospecção (pedido ou atribuído), apresentando-se no mapa da **Figura III. 21C** uma aproximação cartográfica à distribuição das áreas em pesquisa.

Como se pode verificar pela **Figura III. 21A** a organização das concessões, no passado, pulverizou-se, em múltiplas e pequenas áreas, geralmente de 50ha – área para a qual estava estabelecido um imposto fixo mínimo, referível a cada classe de substâncias (**Dec. n.º 18713 de 1930**). Naquela distribuição aparentemente irregular podem reconhecer-se concessões alinhadas, segundo padrões lineamentares que apresentam diferentes ângulos em relação às estruturas tectónicas Variscas, (ver **Figura III. 20**).

As áreas com maior extensão mineira concessionada dizem respeito ao Alto Tâmega e situam-se em Covas do Barroso (Vila Pouca de Aguiar), dedicando-se ao Sn, em períodos que mediam entre o início e os fins do séc. XX.

A área correspondente ao antigo Couto Mineiro da Borralha, também relativamente extensa, está dividida pelos distritos de Braga e Vila Real. Tratou-se de um dos maiores centros produtivos de W (e, subsidiariamente Sn e Mo) em Portugal, e no contexto europeu. Teve lavra activa desde os finais do séc. XIX até à década de 80 do séc. XX, tendo desenvolvido a metalurgia do tungsténio. Dentro do antigo perímetro mineiro, existem hoje explorações em massas minerais para fins cerâmicos, sendo também alvo de prospecção dedicada ao W, Sn e Mo (**Figura III. 21C**).

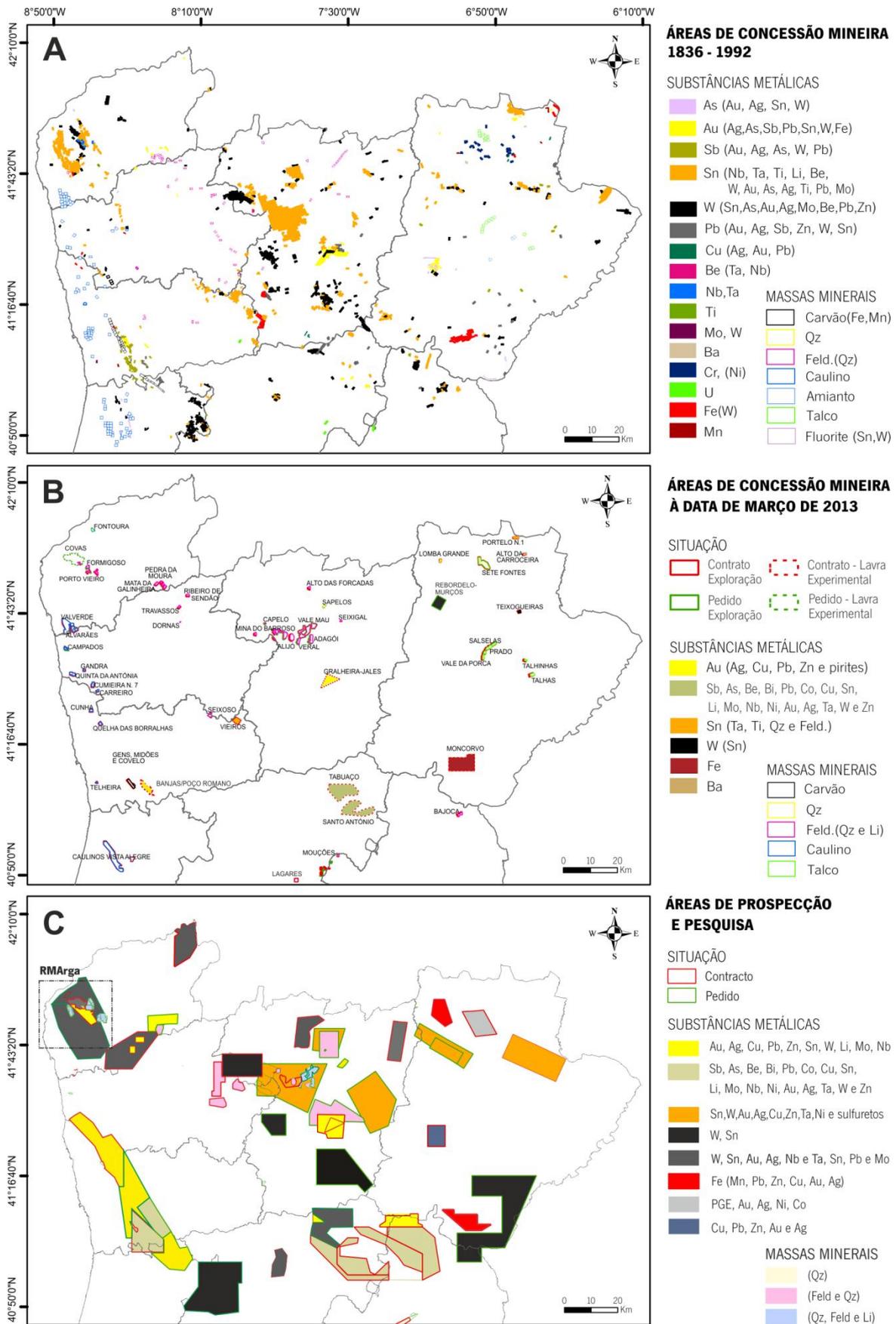


Figura III. 21. Distribuição das áreas de concessão mineira: A: atribuídas no passado de 1836 a 1992 (conforme SIORMINP, LNEG, s/d); B: áreas de exploração actual, atribuídas à data de Março de 2013; C: áreas de prospecção e pesquisa atribuídas à mesma data (DGEG, 2013)

O antigo Couto de Adoria (Ribeira de Pena) esteve em lavra activa desde o início do séc. XIX até à década de 1960. Explorou além de W também o Pb. Actualmente foi objecto de um pedido de prospecção e pesquisa para Sn e W. Dedicada aos mesmos metais base está actualmente pedida uma área de prospecção para o antigo Couto Mineiro de Vale das Gatas, que manteve produção de 1880 até 1990.

A área de concessão mineira de Jales e Três Minas inclui depósitos muito explorados desde a antiguidade e até aos anos de 1990, em abordagens subterrâneas e a céu aberto. Actualmente está demarcada uma área para lavra experimental dedicada Au, Ag, Pb, Zn, Cu e minerais associados (Área de Jales-Gralheira, **Figura III. 21B**). Esta área terá sido uma das que originou maior investimento em prospecção e pesquisa desde a década de 90.

As áreas até agora referidas ocupam a posição Cento-Norte, mais incidente no distrito de Vila Real, em que o Sn e W a par das massas minerais de quartzo, feldspato e minerais de Li, representam maior extensão dedicada à prospecção mineira, com destaque para os metais preciosos na área de Jales e também no Poço das Freitas (Caves-Boticas). No distrito de Bragança o especto de metais concessionados no passado e alvo de actual prospecção é maior. Destacam-se as áreas que no início do séc. XX tinham lavras dedicadas ao Cr em Abessedo (Vinhais) e ao Cr, Cu, Ag e Fe em Bragança. Actualmente apenas a primeira é objecto de prospecção dedicada aos PGE (Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Re) e ainda ao, Au, Ag, Ni, Co, Cu e Cr.

### III.3. 3.2. Região Mineira de Arga (RMArga)

A distribuição cartográfica e temporal das áreas de concessão para a RMArga apresenta-se na **Figura III. 22**, realçando uma relação cronológica da atribuição das áreas com a substância alvo de aproveitamento.

A ocupação mineira com lavras activas do território em apreço pode atribuir-se ao período de 1874 até 1980. Em 1992, com a revogação de todas as concessões em lavra suspensa, fica a totalidade da área em espaço livre.

A primeira concessão é atribuída a minérios de Fe, numa região que territorialmente se distingue pela quantidade de vestígios atribuídos à ocupação pré-romana e romana (**Carvalho, 2008**). Muito embora, no registo da concessionária e relatório de reconhecimento de 1874, reeditados em **Costa Moura e Silva Carvalho (1952)**, se anotem como evidências as muitas e dispersas manchas de massas limoníticas (muito impuras), cuja extensão não foi efectivamente avaliada. Desta altura não foi declarada produção, tendo passado à situação de abandono uma década depois. É retomada na década de 30 do séc. XX com novo concessionário, mas a produção declarada não foi além de 10t de hematite, com 52% de Fe (**Boletim de Minas, 1937**).

As primeiras concessões atribuídas no séc. XX inscrevem-se no troço médio da zona de cisalhamento Argas-Cerquido, Tapada e Gesteira, Cova dos Mouros e Ribeiro do Salgueiro, demarcados na vertente NE da Serra d'Arga, em zona de planalto e considerados dependentes da ocorrência de um filão de quartzo com sulfuretos, mineralizado com volframite. Nesta altura, o W seria o principal alvo da exploração, mas algumas destas minas viriam a apresentar produção de Sn.

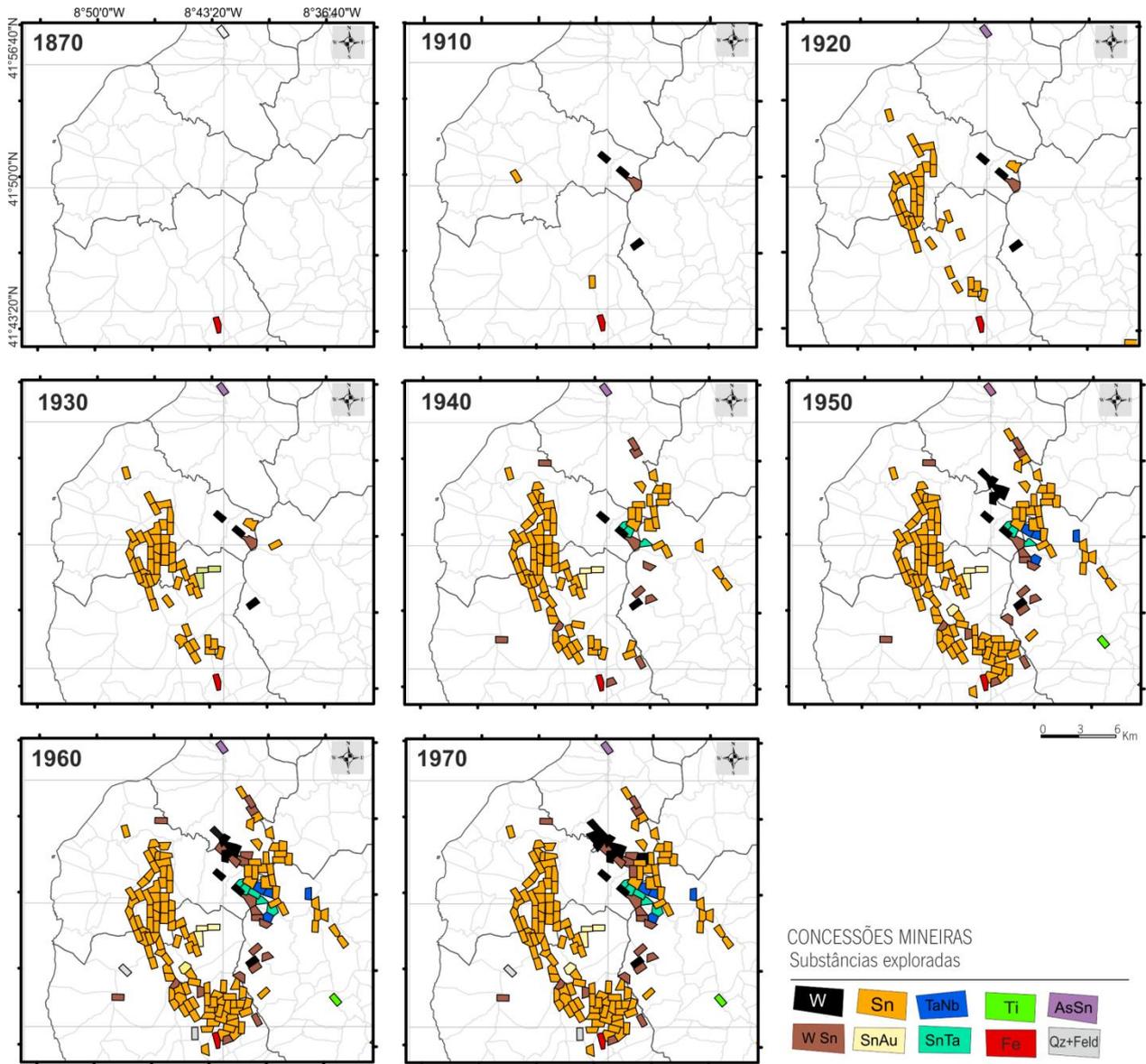


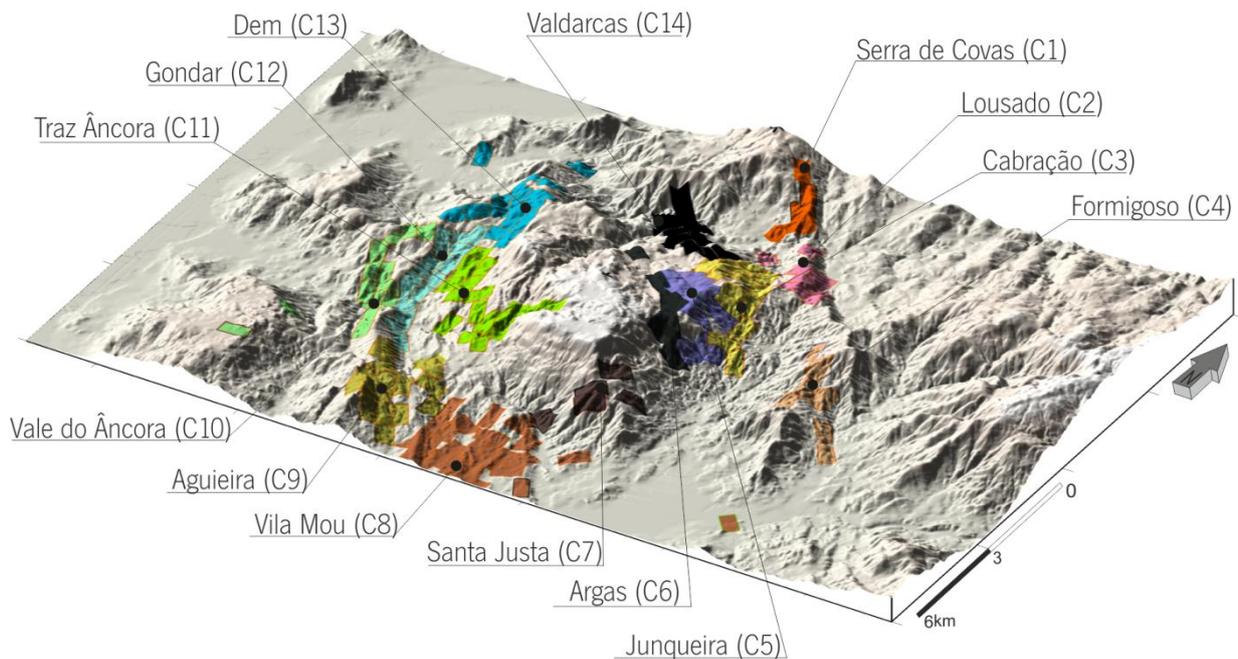
Figura III. 22. Distribuição cartográfica e temporal das áreas de concessão atribuídas à RMArga, para as substâncias indicadas.

Nas primeiras décadas são também concessionadas áreas na vertente W da Serra d'Arga. A mina de Costa das Minas haveria de manter produção significativa até à década de 50. Funcionou como sede de tratamento e convergência de minérios das minas que surgiram no Vale do Rio Âncora na década de 20. O couto mineiro (CM) do Vale do Âncora nunca teve existência legal, nele se integravam as minas que foram indicadas na **Figura III. 23** com a menção, campo de Vale do Âncora (C10). Este foi concessionado, por quatro décadas, a uma companhia inglesa "CTinMines" (**II Anexo**). Pode mesmo dizer-se que, nesta vertente da Serra, a maioria da actividade mineira estava sob administração inglesa.

Estas e outras concessões viriam a ser retomadas posteriormente na década de 30 pelo concessionário "Armando Casimiro da Costa", um dos maiores empreendedores mineiros na RMArga, e outras regiões no Norte de Portugal, entre as quais a região mineira de Arouca (Leal da Silva, 2008).

O primeiro Couto Mineiro data de 1919 é constituído por 4 concessões na encosta NW da Serra d'Arga dedicadas ao Sn e W. Estas estão incluídas no campo de Dem (C13), localizado na **Figura III. 23**, que se estende a toda a encosta NW da Serra.

Nos anos 20 uma companhia alemã controla a actividade mineira do campo de Vila Mou (C8 da na **Figura III. 23**) a Sul da Serra de Arga, até aos rios Coura e Minho.



**Figura III. 23.** Distribuição dos campos mineiros considerados para a RMArge de C1 a C14, distribuídos no entorno de toda a Serra d'Arga, fundo sobre modelo digital de terreno.

No final da década de 30, a mina de Monteiro é concessionada a uma companhia francesa, que veio a controlar a actividade mineira na vertente NE das Serra d'Arga - campos de Cabração (C3) e Lousado (C2), indicados na **Figura III. 23**. A mina de Monteiro passou a representar uma sede de tratamento e convergência de minérios de Sn, com valores de produtividade superiores, na altura, aos declarados por todas as concessões da RMArge.

Os anos 40 e 50 definem o espaço concessionado em todos os campos delimitados na **Figura III. 23**. Algumas das mais importantes concessionárias e suas direcções técnicas estão enumeradas no **II Anexo**.

As concessões dedicadas ao Nb e Ta, no planalto da Cumieira- Junqueira (C5) e na serra do Formigoso (C4) aparecem nos anos 40 e 50 e são atribuídas às empresas EMM e MIPOLI.

Os depósitos tungstíferos do Domo de Covas foram muito explorados em lavra informal. Apesar do grande esforço ser dedicado ao W, é preciso notar que também se verificou aí o aproveitamento do Au, especialmente na bacia do Rio Coura. Algumas áreas como Valdarcas, Fraga e Cerdeirinha foram concessionadas no início da década de 50 à GEOMINA e MINARGA, que vieram posteriormente a integrar o CM 58 (C14 da **Figura III. 23**), que manteve lavra até finais de 1984.

As concessões atribuídas na década de 60 do séc. XX na Serra d'Arga são, na sua maioria, retomas, por transmissão ou arrendamento de áreas que já tinham sido lavradas e concessionadas. Nesta altura surgem os pedidos de exploração de minerais industriais e massas minerais, quer constituíssem resíduos das antigas minas (Azevedo nº14), quer fossem depósitos aplito-pegmatíticos (Bouça do Atalho) ou ainda quartzosos (Bouça do Seixo Branco) indicados no **II Anexo**.

Na RMArga, as primeiras acções de prospecção organizada e documentada foram levadas a cabo pelo SFM, na década de 50, no Couto Mineiros de Valdarcas (C14 da **Figura III. 24**). Por ordem cronológica, indicam-se os estudos de carácter pontual, levados a cabo pelo Estado no apoio a concessionárias mineiras em lavra neste campo mineiro (C14), nomeadamente Geomina e GVFaria:

- 1959 - Serviços de Fomento Mineiro - prospecção geofísica - depósitos de W – Sector N - Couto de Valdarcas (**La Cueva e Ramos, 1959**);
- 1966 - Serviços de Fomento Mineiro - campanha de sondagens - depósitos de W – Sector N - Couto de Valdarcas (**Ribeiro, 1996; Barreto de Faria e Ribeiro, 1967**);
- 1968 - Serviços de Fomento Mineiro - estudo geológico e magnético da concessão de Fervença - depósitos de W – Sector N - Couto de Valdarcas (**Almeida e Ribeiro, 1968**).

A essas acções pontuais seguem-se estudos petrográficos aprofundados sobre minérios de W e rochas hospedeiras, na década de 60, por **Bayer (1968)**. Na década de 70, mediante um Protocolo entre o estado português e a Checoslováquia para o fornecimento de minérios, aparece a primeira carta geológica (na escala 1:1000) para o sector do Domo de Covas (**Janecka e Starnad, 1970**). A par destes programas deu-se início a campanhas de prospecção geoquímica e geofísica em perfis longos, orientadas pelo SFM (**Rocha Gomes, 1979**), que vieram a determinar a constituição da área cativa de Covas (Diário do Governo nº140, II Série de 18-07-1970). Outras empresas desenvolveram programas de prospecção e pesquisa nas áreas que viriam a ser reveladas, com interesse pelos serviços, a saber: UNION CARBIDE e SERPA MINE – COMINCO.

Actualmente assiste-se ao retomar da prospecção mineira em Portugal. Desde 1960, a RMArga tem vindo a ser alvo de prospecção e pesquisa dirigida: depósitos vulcanogénicos a exalativos (tungstíferos), aplito-pegmatitos de tipo LCT e veios quartzosos em zonas de cisalhamento. Pode referir-se a seguinte cronologia de prospecção e pesquisa dedicada às respectivas linhas de investigação:

- 1976 a 1985 - Serviços de Fomento Mineiro – prospecção geofísica, geoquímica (e pontual, mineralometria) em depósitos estratiformes de W associados a massas pirrotíticas - sector N (Covas) - campos mineiros: C14, C13, C7 (**Figura III. 23 Rocha Gomes e Almeida e Alvoeiro (1976); Rocha Gomes (1984a, b, 1985a, b, c, d)**);
- 1987 a 1988 - Serviços de Fomento Mineiro / Instituto Geológico e Mineiro – Plano de sondagens para depósitos de W, (amostragem para análises de rocha total, levantamento radiométrico,

geoquímica de W, Sn, Foto-interpretação e sondagens) - sector E e SE (Argas-Meixedo), campos mineiros de C5, C6, C7 (Figura III. 23) Farinha e Rodrigues (1987a, b, c, d, 1988);

1977 a 1979 - UNION CARBIDE - depósitos de W - sector NE (Covas) - campos mineiros de C14, C3 (Figura III. 23) (Rocha Gomes, 1979);

1980 a 1982 - SERPA MINE - COMINCO - depósitos de W - sector NW (Serro); campo mineiro de C13 (Figura III. 23) Serpa Mines (1980-1982);

1990 a 2000 - Instituto Geológico e Mineiro - programas sectoriais dedicados à prospecção geofísica, geoquímica e fotointerpretação na faixa de Bouça do Abade - Arga de Cima, para pesquisa de depósitos de metais preciosos Au, Ag e associados - Sector E (Argas), campos mineiros de C5 e C6 (Figura III. 23) Farinha e Rodrigues (1990-1993); Andrade, (1993); Rodrigues (2000).

1997 a 1999 - PROMINAS - depósitos de Au, Ag, W, Sn - Sector E (Argas- Formigoso), campos mineiros de C6, C5, C3 (Figura III. 23)

1997 em vigência - FELMICA; LAGOA - depósitos de qz, feld e Li - Sector E (Argas- Formigoso), campos mineiros de C6, C5, C3, C4 (Figura III. 23), áreas marcadas na Figura III. 24.

2003 em vigência - MAEPA/AVRUPA - depósitos de W, Au, Bi - sector NE (Covas) - campos mineiros de C14, C7, C3 (Figura III. 23) (AVRUPA, 2011; BLACKHEATH, 2012), áreas marcadas na Figura III. 24.

2012 em vigência - LUSORECURSOS - depósitos de W, Sn, Nb, Ta, Au, Ag, Bi - sector E e sector W (área total RMArga), áreas marcadas na Figura III. 24.

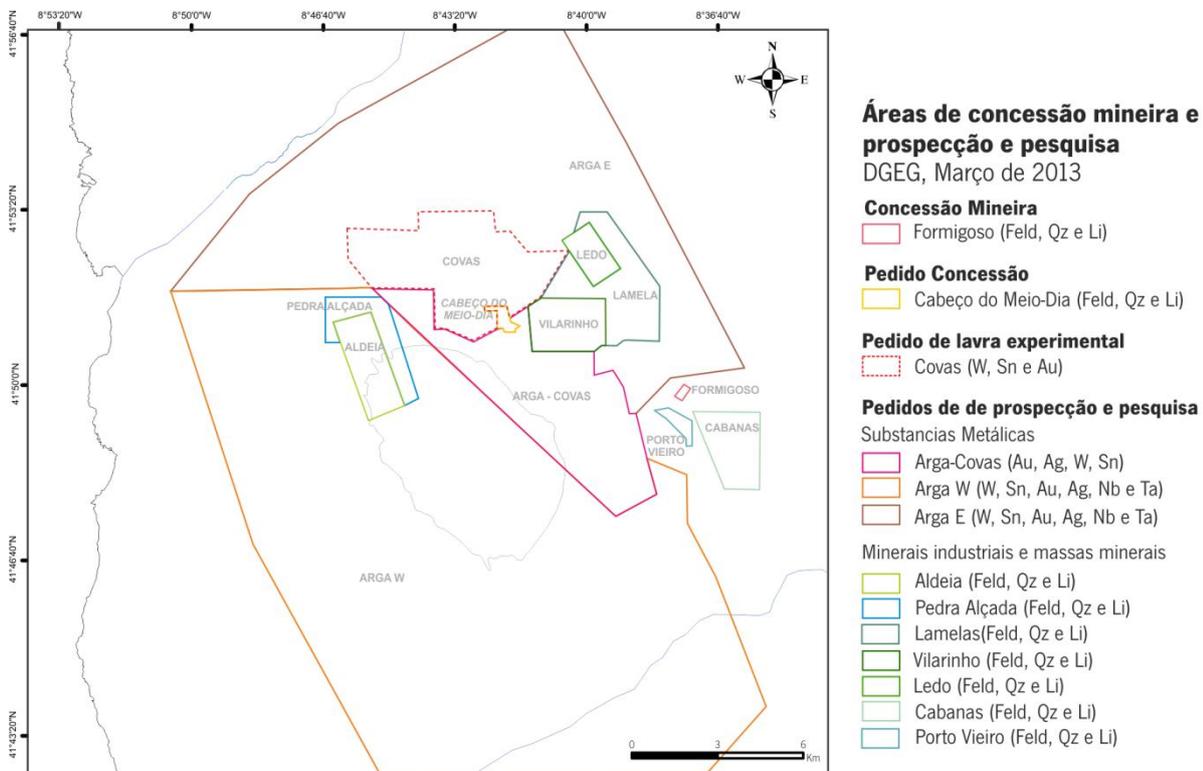


Figura III. 24. Áreas de prospecção na RMArga segundo DGEG (2013)

Se na década de 90 e início do séc. XXI as áreas para prospecção na RMArga eram fundamentalmente dedicadas aos minerais industriais (quartzo, feldspato e minerais de Li), actualmente verifica-se a cobertura total deste território para os metais que também no passado justificaram décadas e centenas de trabalhos mineiros.

Nos anos 90 do séc. XX, numa iniciativa de integrar a exploração passada e novos ciclos de retoma em materiais rejeitados no passado, iniciou-se a extracção de triturados quartzo-feldspáticos, na principal zona com acumulação de resíduos da mina de Monteiro. A iniciativa tinha em vista o aproveitamento do material para fins cerâmicos. Nessa altura previa-se a reposição do volume de armazenamento numa albufeira assoreada pelos resíduos, aproximadamente 120.000 m<sup>3</sup>. Realizou-se também o estudo hidrodinâmico e hidrogeológico do sistema em causa - Lourinhal - Seixalvo (Valente *et al.*, 1998 e Valente e Leal Gomes, 2001).

Actualmente pode referir-se em exploração na RMArga, e desde 2012, a área do Formigoso, para uma capacidade até 50.000t/ano de materiais quartzo-feldspáticos (Figura III. 24, DGEG, 2012).

#### III.3. 4. Concessão para a reabilitação de áreas mineiras abandonadas

Muitas das áreas mineiras concessionadas no Norte do país processaram grandes volumes de material e empreenderam o tratamento mecânico de *tout-venants*, durante períodos alargados e em vários ciclos de retoma.

Os principais depósitos explorados envolviam paragénese com sulfuretos e litologias quimicamente reactivas - metassedimentos com níveis de afinidade vulcanogénica a exalativa e rochas carbonatadas siliciosas. O processamento destes produtos gerou resíduos mineralogicamente instáveis face à meteorização, considerando ainda as deficientes condições de acumulação de estêreis sujeitos a ravinamento a desmonte - transporte preferencial originando abatimentos, movimentos de massa e muitas vezes o assoreamento e desvio de cursos de sistemas fluviais.

A conjugação destes elementos integra o que se designa de passivo ambiental, na maior parte das vezes mascarado e obliterado pelos sucessivos usos do solo, outras vezes bem marcado, sendo reconhecível o seu impacto negativo.

Dada a natureza de alguns dos materiais expostos às condições supergénicas, podem desenvolver-se focos de instabilização química na água, no solo e nos ecossistemas, com possibilidades de evoluir segundo vectores de dispersão/contaminação naturais, ampliando-se o conjunto de impactes negativos.

No início dos anos 1990 um dos primeiros relatórios levados a cabo a respeito de áreas abandonadas é assinado pela **SOMINCOR (1991)**, para a região mineira de Neves Corvo. No âmbito do contrato de concessão, a empresa ficou encarregada de inventariar e investigar as minas abandonadas na área concedida. Nesse relatório - **SOMINCOR (1991)** - a empresa descreve os procedimentos e formas de diagnóstico que empregou, sobretudo para acautelar riscos geotécnicos, entulhando poços e escavações mascaradas na vegetação. Deixou recomendações relativas à possibilidade de avaliar a segurança de algumas galerias para eventual valorização turística e museológica.

Outras escavações ainda, com salvaguarda e impermeabilização, foram recomendadas para vazamento de lixo municipal.

Ainda, para o Alentejo em meados da década de 90, aparece uma proposta de projecto de “Valorização das minas abandonadas” (Matos, 1996), no âmbito do programa de reconhecimento e inventariação de recursos minerais metálicos, para a formulação de bases de dados geológicas e mineiras. Naquele trabalho refere-se: “*o conhecimento da situação real em que se encontram as antigas explorações mineiras permite, à semelhança de exemplos europeus e norte-americanos, estabelecer programas específicos no âmbito da protecção ambiental e aproveitamento turístico das minas antigas, projectos com forte impacto ao nível das economias locais*”. Os objectivos principais eram: a) criar e desenvolver uma base de dados geológico-mineiros sobre as ocorrências e depósitos explorados no passado; b) investigar paragénese características dos indícios mineiros, com base em novos modelos metalogenéticos e recorrendo a estudos petrográficos e/ou análises litogeoquímicas multielementares de materiais de escombreira, poços e galerias; c) avaliar as antigas explorações mineiras em termos de impacte ambiental, segurança geotécnica e agressões ao meio físico; d) estabelecer roteiros geológicos e mineiros para fins técnicos e científicos, considerando o possível aproveitamento turístico de núcleos mineiros antigos, com maior interesse arqueológico.

Matos (1996) divide as principais minas e ocorrências por faixas, propõe o desenvolvimento de uma base de dados das ocorrências mineiras, uma monografia tipo atlas mineiro, roteiros geológico- mineiros. O plano de estudo de cada depósito inclui: o preenchimento de uma ficha de dados (com localização e elementos mineiros - concessionário, manifestante, ano do alvará, director técnico, características da mineralização, cartografia à escala 1:5000, ou revisão da cartografia existente para cada área mineira, estudos litogeoquímicos e/ou geoquímicos sobre cada mineralização, horizonte e/ou encaixante, com recurso à análise multielementar.

O antigo Instituto Geológico e Mineiro (Laboratório e Departamentos de Prospecção de Minérios Metálicos e Minas e Pedreiras) apresentou em 1998 o “Projecto de Avaliação de riscos Ambientais para a reabilitação de Minas Abandonadas”. Entre 1999 e 2001, desenvolveu um conjunto de estudos de inventário e caracterização sumária compilados em 2001 e sob a designação: *Diagnóstico Preliminar* (Oliveira *et al.* 2001). Neste abordaram-se 85 áreas mineiras degradadas, designando-as de “*passivo mineiro nacional*” – 33 no Norte, 19 no Centro e 33 no Sul. Entre estas, as áreas de S. Domingos, Aljustrel (S. João e Algares), Caveira, Lousal, Cunha Baixa, Pejão e Jales foram as primeiras a serem estudadas para a caracterização ambiental.

Nestes estudos pretendia-se ainda promover conhecimentos nos domínios da prospecção e exploração mineiras, assumindo-se serem contributos importantes para a compreensão da origem dos problemas ambientais. Os programas de amostragem desenvolvidos envolveram a recolha de 435 amostras de materiais geológicos sólidos (sedimentos, aluviões, solos, escombreiras e rochas) e de 43 amostras de águas (superficiais, de mina, poços e nascentes) (Oliveira *et al.* 2001). No diagnóstico e hierarquização das situações observadas foram estabelecidos cenários de reabilitação com estudo de exequibilidade técnica e previsão de custos. Isto deu azo à construção de uma matriz semi-quantitativa de situações possíveis, para as quais se instituiu um plano com as tarefas principais: **a)** análise

da documentação técnica; **b)** contactos com autoridades locais, **c)** avaliação no terreno; **d)** identificação e definição cartográfica dos elementos potenciadores de impacte ambiental (escombreyas e outros resíduos mineiros e industriais; trabalhos mineiros); **e)** avaliação geral das condições de segurança de infra-estruturas mineiras (poços e galerias); **f)** amostragem expedita; **g)** análises químicas e mineralógicas, **h)** elaboração de fichas de diagnóstico preliminar; **i)** avaliação comparativa dos vários resultados e conseqüente hierarquização das minas abandonadas segundo o grau de perigosidade. Os factores que se tiveram em consideração foram: **i)** factores intrínsecos à mina (segurança mineira global, poços, galerias, cortas, instalações mineiras); **ii)** química das águas (superficiais e subterrâneas) à luz de valores de referência; **iii)** impacte visual e paisagístico. Nos factores ambientais exteriores à mina, considerou-se a existência e importância de aglomerados populacionais (num raio de cerca de 10 km).

A partir destes estudos e diagnóstico formulou-se o Programa de Reabilitação Ambiental de Áreas Mineiras Abandonadas (PRAAMA), posteriormente designado de Programa Nacional de Recuperação de Áreas Extractivas Desactivadas (PNRAED), ao nível do Plano Sectorial de Recursos Geológicos (2000). A sua acção prendia-se com a definição de critérios de salvaguarda dos recursos naturais, a incorporar nos Planos Regionais de Ordenamento do Território (PROT) e Planos Directores Municipais (PDM) a articular com uma estratégia para a recuperação de áreas de extracção desactivadas.

Mas é em 2001 que se passou a dar às áreas mineiras abandonadas enquadramento legal próprio, no âmbito de aplicação do **DL n.º 198-A/2001**. No texto do diploma, as áreas mineiras, que *“constituam um factor de risco potencial para a saúde humana ou para a preservação do ambiente que justifique a intervenção”* são enquadradas neste regime jurídico. Foi a empresa EXMIN - Companhia de Indústria e Serviços Ambientais SA., incorporada em 2005 na EDM - Empresa de Desenvolvimento Mineiro, S.A. que ficou encarregada, num horizonte de 10 anos, renováveis (**DL n.º 198-A/2001**), do exercício exclusivo das actividades de recuperação ambiental das áreas mineiras degradadas. A recuperação ambiental, compreende a caracterização, obras de reabilitação e monitorização ambiental,

*“eliminando factores de risco que constituam ameaça para a saúde e a segurança públicas, resultantes quer da poluição de águas, da contaminação de solos, de resíduos de extracção e tratamento e da eventual existência de cavidades desprotegidas. Ficou também previsto reabilitar a envolvente paisagística e as condições naturais de desenvolvimento da flora e da fauna locais, tendo como referência habitats anteriores às explorações.”* (**DL n.º 198-A/2001**)

Referiam-se questões de carácter patrimonial de forma protecctionista, assegurando a sua preservação sempre que se demonstrasse relevância significativa, quer económica, quer em termos de representatividade da arqueologia industrial. Assegurava-se as condições necessárias para o estudo, preservação e valorização de vestígios arqueológicos, eventualmente existentes e relacionados com a actividade mineira.

Os propósitos descritos no contrato de concessão, em anexo ao DL n.º 198-A/2001 incluíam: **a)** inventariação e caracterização das áreas mineiras degradadas; **b)** aprofundamento detalhado de elementos de diagnóstico com trabalhos de campo para a recolha de amostras e respectivas análises, medições de caudais, volumes e quaisquer outros indicadores relevantes; **c)** caracterização geral tanto dos sistemas ecológicos, como das envolventes sócio-económica e cultural e a componente arqueológica; **d)** elaboração de projectos de recuperação com máxima eficiência técnica e económica das soluções a adoptar; **e)** definição de sistemas de monitorização permanente, posteriores à recuperação básica, **f)** apresentação de melhores formas de valorização económica ulterior das áreas recuperadas.

Na Figura III. 25 localizam-se as áreas que à data foram equacionadas no âmbito de intervenção da EDM, com base no DL n.º 198-A/2001.

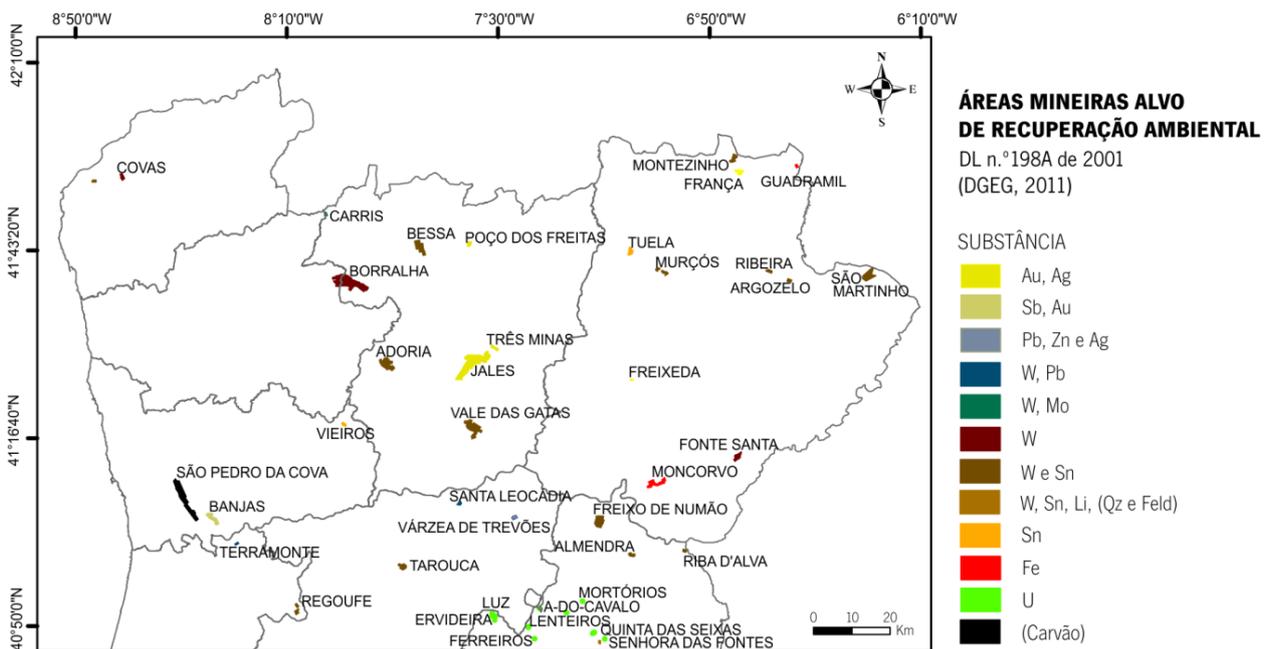


Figura III. 25. Localização de áreas mineiras abandonadas no Norte de Portugal, incluídas no inventário de diagnóstico e hierarquização apresentado pela EDM no âmbito do DL n.º 198-A/2001.

Entre os estudos de cariz académico e linhas de investigação dedicadas quer à avaliação ambiental, quer ao desenvolvimento tecnológico-mineralúrgico e metalúrgico, nas interfaces da hidrogeoquímica, mineralogia ambiental, qualificação de riscos, contaminação e vectores de dispersão, podem referir-se alguns estudos em diferentes áreas mineiras, sem se pretender uma apresentação exaustiva:

- Faixa Piritosa do Alentejo — Programa Science for Stability Programme (NATO / PO – MICROLEACH, 1990); Norris (1990); Matos e Rosa (2001) e Matos e Martins (2006)
- Neves Corvo (Castro Verde) — Leal da Silva (1990); Quinta e Sequeira (1990); Baptista *et al.*, (2011)
- São Domingos (Mértola) — Quinta e Sequeira (1990); Álvarez-Valero *et al.* (2008);

	Abreu <i>et al.</i> (2009, 2010); Quental, <i>et al.</i> (2002, 2004); Baptista <i>et al.</i> , (2011); Mateus <i>et al.</i> (2011)
Aljustrel (Aljustrel)	— Quinta e Sequeira (1990); Baptista <i>et al.</i> , (2011); Luís <i>et al.</i> (2009); Maia <i>et al.</i> (2012)
Caveira (Grândola)	— Mateus <i>et al.</i> (2008)
Lousal (Grândola)	— Ferreira da Silva <i>et al.</i> (2008)
Jales (Vila Real)	— Oliveira e Avila (1995); Quinta e Sequeira (1990); Valente <i>et al.</i> (2011); Lobarinhas (2011)
Valdarcas (Vila Nova de Cerveira - Caminha)	— Valente (1996, 2004); Valente <i>et al.</i> (1997); Valente e Leal Gomes (1997, 1998); Alves <i>et al.</i> (2011); Valente <i>et al.</i> (2011); Lobarinhas (2011)
Cerquido (Ponte de Lima)	— Valente e Leal Gomes (1999a, 1999b)
Carris (Gerês)	— Valente (2004)
Adoria (Ribeira de Pena)	— Valente (2004); Fava (2008)
Monteiro e Ribeiro do Salgueiro (Ponte de Lima)	— Valente e Leal Gomes (2001)
Pintor (Oliveira de Azeméis)	— Moreno <i>et al.</i> (1997); Santos (2011)
Vale das Gatas (Vila Real)	— Favas (1999); Favas <i>et al.</i> (2001); Ávila (2003), Ávila <i>et al.</i> (2005)
Miguel Vacas (Vila Viçosa)	— Magalhães <i>et al.</i> (1999)
Cunha Baixa (Mangualde)	— Neves <i>et al.</i> (1999)
Penedono (Penedono)	— Matias <i>et al.</i> (2003); Abreu <i>et al.</i> (2007); Abreu e Magalhães (2009); Valente <i>et al.</i> (2011); Lobarinhas (2011)
Palhal (Alvergaria) e do Braçal (Sever do Vouga)	— Nunes, (2007)
Peirão (Castelo de Paiva)	— Santos (2008)
Terramonte (Castelo de Paiva)	— Araújo (2008)
Ervedosa (Vinhais), Tarouca (Tarouca), Regoufe e Rio de Frades (Arouca)	— Fava (2008)

A recuperação de uma área mineira não se restringe apenas ao problema do Impacte Ambiental. Acções de recuperação podem inserir-se no contexto do Ordenamento do Território, sendo importante adequar práticas de gestão das áreas recuperadas, para a melhor valorização económica ulterior (Magno, 2001; Nero, 2005).

A necessidade de definir usos e acções compatíveis com a Rede Ecológica Nacional (REN), para rever condicionantes e ecossistemas compatíveis com a prospecção e a exploração, bem como o tipo de acções de carácter mineiro viáveis em REN. Costa (1999) previa: **a)** reservar, por decreto regulamentar, um conjunto seleccionado de áreas dedicadas e com interesse mineiro e a revisão do esquema de prioridades; **b)** aproveitar o processo de revisão dos PDM, para definir, com base em novos conhecimentos, muitas vezes adquiridos em acções de prospecção e pesquisa, a inscrição de áreas potenciais, definindo-as como áreas favoráveis para a pesquisa e eventual exploração de recursos geológicos.

# IV. CAPÍTULO

## ELEMENTOS ANALÍTICOS PARA O ESTUDO DO FUNCIONAMENTO MINEIRO PASSADO

---

### MINERAÇÃO FORMAL E INFORMAL – MARCAS E MEMÓRIAS – INQUÉRITO SOCIOLÓGICO

- Entrevista – Guião e temas
- Destinatários da Entrevista
- Organização do corpus das Entrevistas
- Análise de Conteúdo de Entrevistas
  - Temas principais – Apresentação gráfica

### MINAS, CONCESSÕES E COUTOS – CONTRIBUTO DA ANÁLISE DOS *DOSSIERS* DE CONCESSÃO

- Análise de *dossiers* mineiros – representação em diagramas sinópticos
- Exploração mineira – principais métodos de desmonte
- Processamento e tratamento do minério – oficinas e escombreyras associadas
- Produção declarada – fontes de informação

### CAMPOS MINEIROS - ELEMENTOS DE FUNCIONAMENTO E RECONHECIMENTO DE VESTÍGIOS

- C1 – C13
- Síntese discriminante dos Campos Mineiros de RMArga

### DISPERSÃO GEOGRÁFICA E PROJECCÃO DE DEPÓSITOS FILONIANOS

- Depósitos minerais e o campo aplito-pegmatítico - dispersão geográfica e projecção de filões
- Faixas mineiras e compartimentação estrutural e litológica da RMArga (F1-F7)
- Campos mineiros não integrados em faixas



## IV. ELEMENTOS ANALÍTICOS NO ESTUDO DO FUNCIONAMENTO MINEIRO

Convencionou-se designar elementos analíticos, de forma abrangente, à diversidade de dados obtidos em diferentes domínios e por diferentes métodos de investigação. Apresentam-se pela seguinte ordem: **1)** elementos descritivos sobre o funcionamento mineiro passado (inquérito sociológico segundo análise de conteúdo de entrevistas e análise documental de *dossiers* de minas); **2)** elementos sobre a dispersão de explorações mineiras e dos seus vestígios e características distintivas dos depósitos minerais (inclui-se a projecção estereográfica de atitudes de filões e implantação de áreas intervencionadas, considerando ainda a diversidade litológica e os alinhamentos estruturais que acolhem os depósitos); **3)** elementos sobre a evolução ambiental dos espaços intervencionados (qualificação ambiental do EMa, tanto ao nível dos materiais dispersos em escombreira, como no que respeita aos meios receptores de efluentes aquosos – água e sedimentos de leito).

No presente capítulo incidir-se-á sobre o funcionamento mineiro e a dispersão de explorações mineiras, seus vestígios e depósito remanescente.

Funcionamento mineiro, tal como aqui é considerado inclui as actividades mineiras propriamente ditas (prospecção e pesquisa, traçagem, extracção, transporte, tratamento e acondicionamento de resíduos) e a dinâmica das comunidades que operaram sobre os depósitos e no espaços envolvente (populações e indivíduos, companhias e empresas, incluindo referências à direcção técnica e entidades tutelares).

As fontes de informação testemunhais para a análise do funcionamento mineiro passado provieram do conjunto de entrevistas submetidas a interpretação, não se pretendendo reconstituir uma narrativa histórica ou de cariz sociológico.

Por sua vez, as fontes de informação técnica decorreram da análise de acervos documentais mineiros em sede de Arquivos oficiais. Nesta interface - testemunho oral / base documental - foi possível recolher elementos que traçam o funcionamento de cada mina enquanto estrutura produtiva e elemento identitário de uma determinada comunidade.

O estudo do funcionamento mineiro passado visa a caracterização do EMa tanto na componente da potencialidade económica restante no depósito mineral, como na componente da promoção do valor patrimonial que lhe pode ser atribuído, tanto do ponto de vista geológico, como mineiro.

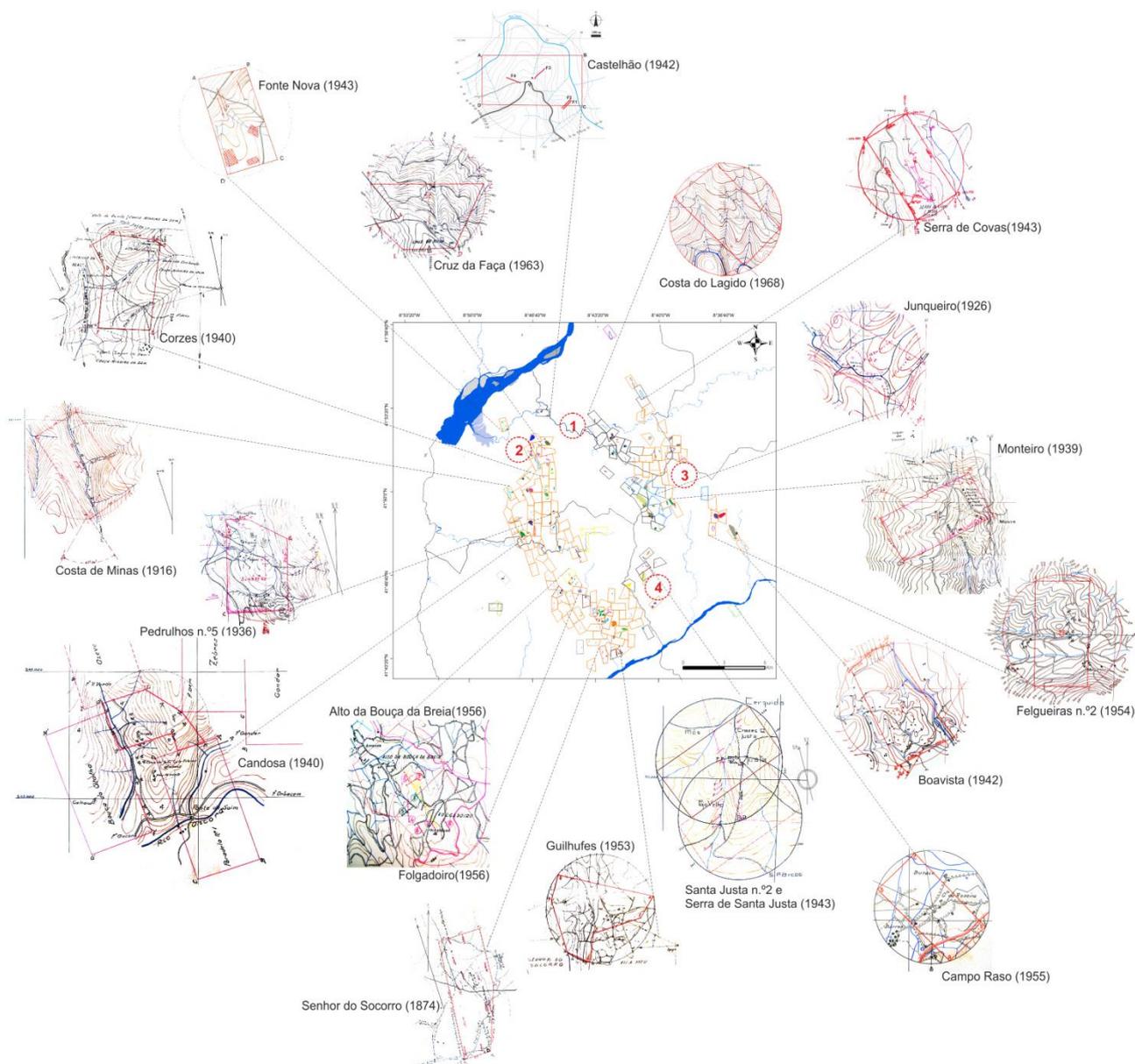
Dados relativos à produção, à cotação de metais e ao quadro legal, intervêm decisivamente no funcionamento mineiro. Alguns destes elementos serão integrados no texto dedicado a cada campo mineiro da RMArga.

### IV.1. MINERAÇÃO FORMAL E INFORMAL – MARCAS E MEMÓRIAS

O reconhecimento de vestígios mineiros no terreno foi o ponto de partida, em cada caso, pela análise da cartografia mineira antiga (mapas de demarcação e plantas com avanço de trabalhos), constantes nos *dossiers* das concessões da RMArga.

Os casos ilustrados na **Figura IV.1**, a título de exemplo e demonstração, representam o espectro de informações que foram obtidas no decorrer da implantação cartográfica e referenciação dos trabalhos mineiros, a saber:

- Discriminação de áreas de exploração em subsolo e em aluvião, numa primeira fase dedicadas aos depósitos primários e, subsidiariamente, às zonas aluvionares, em planície fluvial (ex: **Fonte Nova**, com reconhecimento do depósito no subsolo em 1919, desenvolvimento do aluvião em 1943, e retoma em 1970);
- Distinção de tipologias filonianas e sua mineralização-aplitopegmatitos (Sn) e filões de quartzo (W-Au), com lavras em subsolo e a céu aberto, parcialmente orientados pela concessionária (ex: **Castelhão**, 1942; **Pedrulhos n.º 5**, 1936; **Alto da Bouça da Breia**, 1956 e **Folgadoiro**, 1956);
- Reconhecimento da direcção de filões ou massas mineralizadas com localização das áreas intervencionadas e seus alargamentos ocasionais (ex: **Serra de Covas**, 1943; **Cruz da Facha**, 1963; **Corzes**, 1940; **Santa Justa**, 1943; **Felgueiras n.º 2**, 1954; **Senhor do Socorro**, 1874);
- Designação dos principais cursos de água drenantes das áreas de extracção e tratamento (**Costa das Minas**, 1916; **Monteiro**, 1939, **Junqueiro**, 1926; **Guilhufes**, 1953);
- Dispersão dos índices de exploração, ocasionalmente alinhados segundo configurações geomorfológicas preferenciais (ex: **Candosa**, 1940; **Boavista**, 1942; **Costa do Lagido**, 1968);
- Delimitação de zonas aluvionares sobre a carta topográfica e na hidrografia (ex: **Junqueiro**, 1926);
- Referência a escavações com maior desenvolvimento sobre depósitos mais possantes e com maiores andamentos (ex: **Monteiro**, 1939), ou depósitos com continuidade entre concessões distintas (ex: **Alto da Bouça da Breia**, 1956 e **Folgadoiro**, 1956);
- Delimitação de contactos litológicos ou estruturas com maior expressão e relação com os depósitos (**Pedrulhos n.º 5**, 1936);
- Localização de infra-estruturas de tratamento e apoio à lavra (lavaria, casa de guarda, casa da mina), algumas das quais situadas fora do polígono da concessão primitiva, ou em posições próximas de cursos de água (ex: **Serra de Covas**, 1943; **Castelhão**; **Junqueiro**, 1926; **Cruz da Facha**, 1963);
- Inscrição dos perímetros primitivos (circulares), atribuídos para prospecção, onde estão assinalados trabalhos mineiros que perduraram após a demarcação definitiva, verificando-se adição de espaços livres (como se veio a verificar em **Junqueiro**, 1926)
- Localização de infra-estruturas de referência (casas, igrejas, capelas, fontes e pontes), vias de comunicação e toponímia (ex: **Candosa**, 1940, **Campo Raso**, 1955);
- Referências espaciais geodésicas e de declinação magnética.



**Figura IV.1.** Diversidade de *mapas de demarcação de concessão* (realizados na escala 1:10 000 - o tamanho da imagem de cada mapa corresponde a 15% do tamanho da imagem obtida dos documentos originais do *dossier* mineiro), que constituíram a base de implantação de trabalhos mineiros (exemplos da RMArga). Ao centro, na cartografia de reconhecimento de vestígios mineiros, indicam-se áreas de exploração não concessionada que incluem vestígios mineiros significativos (algumas das quais, na gíria, são apelidadas de “zonas do pilha”: 1 - Rio Coura; 2 - Minas do Dr. Gavinha; 3 - Balouca - Benvisa; 4 - Santa Justa - Gondamieiro.

A implantação em SIG exigiu a realização de um pré-tratamento das imagens, na sua maioria obtidas com equipamento fotográfico. A qualidade dos registos dependeu dos seguintes factores: **1)** estado de conservação dos documentos; **2)** tamanho e dobras do documento (que o formato da pasta, pouco maior que o tamanho A4, obrigava a realizar); **3)** formas de reprodução /duplicação (grossura e precisão do traço e as cores originais) e **4)** tipo de papel (cartonado ou vegetal).

No Arquivo de Minas da DGE-N, os mapas e plantas, na sua maioria, eram cópias decalcadas, encontrando-se os originais no Arquivo do LNEG, em Alfragide. Um exemplo é o mapa da mina de *Guilhufes*, 1953 (**Figura IV.1**), em que o

polígono de concessão foi realçado a vermelho, sendo o traço do mapa decalcado do original com muito baixa definição (a imagem provém do dossier na DRE-N).

Estas limitações afectam a qualidade das imagens ortogonais, obtidas a uma distância controlada (proporcional ao tamanho do documento, e evitando erros de paralaxe).

Para implantar os trabalhos mineiros assinalados nestes mapas, as imagens foram sujeitas a um tratamento em *software* específico. Alguns mapas foram reeditados em programas de desenho (tal como no caso de Castelhão, 1942, na **Figura IV.1**). Contudo, abandonou-se esta via por se verificar a persistência de erros e a inclusão de imprecisões geométricas não existentes nos mapas originais.

Na georreferenciação utilizaram-se os vértices dos polígonos de concessão e eventualmente vértices geodésicos ou elementos fixos como pontes ou capelas, tendo como referência a cartografia da **SIORMINP, (s/d)**; e o **CAOP, (2010-12)**.

Na **Figura IV.1**, as plantas antigas mostram a declinação magnética da altura do desenho. Alguns ajustes necessários tiveram em conta os valores de declinação da **Tabela IV.1** que foram calculados segundo o modelo do *International Geomagnetic Reference Field* (IGRF).

Na ausência de elementos de referência, ou para imagens de baixa definição, optou-se pela sobreposição directa das imagens, respeitando pontos de referência próximos e identificáveis. De uma maneira geral, as imagens foram também sobrepostas em Google Earth, delimitando zonas de vestígios mineiros e, posteriormente, migradas em formato kml para o *software* SIG.

**Tabela IV.1.** Valores de declividade magnética a partir do IGRF, obtidos com o calculador disponível em [www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#declination](http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#declination), para a localização 41° 41' 46"N; 8° 50' 39" (Viana do Castelo) no período de 1900-1980.

Ano (01/Jan)	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980
Declinação	17°55'18"W	17°12'52"W	15°54'41" W	14°22' 3" W	12°57'13" W	11°36'43" W	10°25'37" W	9°21'32"W	7°57'44"W
Varição/ano	3.5' E	7.3' E	9.3' E	8.9' E	7.7' E	7.2' E	6.4' E	7.4' E	9.5' E

Na **Figura IV.1** apresenta-se uma redução da Cartografia de Reconhecimento de Vestígios Mineiros (posteriormente tratada em detalhe), onde se assinalam os trabalhos mineiros indicados em Planos de Lavra e mapas afins das concessionárias. Ainda se assinalam, em círculos a tracejado, áreas sem concessões demarcadas, que incluem muitos vestígios de lavra informal, à margem do concessionamento, que poderiam corresponder a alguma das seguintes situações:

- trabalhos de prospecção e pesquisa, precários e efectuados sob a cobertura de um registo ou manifesto mineiro;
- trabalhos de prospecção e pesquisa já em regime de concessão provisória, que depois não teve continuidade;
- lavras paralelas às actividades concessionadas, desenvolvidas por “trabalhadores por conta própria”, ou “trabalhadores ao quilo” que escoavam a sua produção nas sedes das concessionárias ou em empresas separadoras de minérios situadas nas proximidades;

- lavras mineiras furtivas, cuja maior expressão e existência se circunscreveu aos períodos de elevada cotação de metais, na gíria nomeadas de “pilha”, ou “pilha-pilha”.

Na definição de **Leal da Silva (2011)**, entende-se por pilhas “*um grupo de pessoas – mineiros ou não mineiros - que, não integrados nos quadros de uma empresa mineira ou em exercício clandestino fora desse (ou doutro) emprego regular, actuando por conta própria ou em parceria, conseguiram aceder por forma ilegal ao produto vendável que determinava a “corrida” e introduzi-lo no mercado a seu proveito*”. Estas actividades de “pilha”, não formalizadas com registos ou concessões, carecem, por isso, de registo cartográfico. Não obstante, em alguns Relatórios de Reconhecimento de Mina, Autos de Visita e noutros documentos que integram os *dossiers*, foram reconhecidas algumas descrições bastante exaustivas destes tipos de trabalhos mineiros.

A escassez de informações documentais tanto sobre a sua distribuição espacial, como relativamente às práticas desenvolvidas, aconselhou o recurso aos testemunhos orais de antigos intervenientes da actividade mineira. Esta via permitiu a obtenção de elementos sobre o funcionamento mineiro que vieram confirmar ou infirmar os elementos recolhidos por via documental. Permitiu ainda a integração de dados fragmentários decorrentes da análise documental e o seu confronto com vestígios reconhecidos no terreno.

De entre os instrumentos disponíveis para um inquérito sociológico, tal como é definido por **Pires de Lima (1971)**, optou-se pela Entrevista de natureza semi-directiva, apoiada num guião específico (**ver ANEXO**). A sua adequação metodológica foi já alvo de atenção no **Capítulo II**. Este instrumento de recolha de dados tinha por objectivo a descrição de espaços e práticas mineiras em períodos de lavra intensa, além das áreas concessionadas.

Os elementos analíticos que resultaram da aplicação deste inquérito podem agrupar-se em função das fases de construção do guião, selecção de destinatários, organização do *corpus* da análise (ou discurso transcrito) e apresentação dos resultados sob forma gráfica.

#### IV.1.1. ENTREVISTA – GUIÃO E TEMAS

O atributo fundamental e a maior vantagem na utilização de Entrevistas passa pela obtenção da informação *cara a cara* (**Hayman, 1984**). A *expressão livre*, por parte dos Entrevistados, é um aspecto importante quando se trata de registar memórias distanciadas. Atendendo ao objectivo, orientou-se a Entrevista, estabelecido que foi o Guião, por temas e perguntas de suporte. A mesma assumiu um *carácter semi-directivo*, em detrimento de uma outra tipologia de carácter biográfico (com uma ou duas questões centrais, de resposta livre e sem qualquer orientação por parte do investigador).

O tema da Entrevista realizada neste estudo foi: **Fulcros de Mineração e Comunidades Associadas**. Este tema foi subdividido em cinco *Blocos Temáticos*, articulados num Guião de Entrevista, retomando a organização proposta em **Alves (2007)**. Nesta os **Blocos** são explicitados de A a E e dispostos ao longo da primeira coluna, tal como se ilustra na **Tabela IV. 2**.

O Guião foi o suporte fundamental, orientador e/ou moderador, do momento em que se realizou a Entrevista. A sua formulação (**III ANEXO**) mereceu atenção particular por representar uma interface Entrevistador/Entrevistado, determinando o sucesso da própria Entrevista (**Alves et al., 2009**).

Os elementos que integraram o Guião incluíam informações de carácter documental, relativo às minas que o Entrevistado conhecia, e de carácter espacial, como informações do terreno e topónimos locais.

Para cada um dos blocos temáticos formularam-se *Objectivos Específicos* e *Tópicos de orientação do discurso*, respectivamente na segunda e terceira colunas do *Guião* (III ANEXO). Com base nestes, indicaram-se enunciados das perguntas que, na realidade, em contexto de interacção com o Entrevistado, funcionaram apenas como memorandos, uma vez que a sua formulação teve de se adequar no decurso da Entrevista.

**Tabela IV. 2.** Extracto do Guião de Entrevista, com a organização dos assuntos dedicados ao Bloco A (versão completa apresentada em **Alves, 2007**).

GUIÃO DA ENTREVISTA				
BLOCOS	OBJECTIVOS ESPECÍFICOS	TÓPICOS	FORMULÁRIO DAS PERGUNTAS	OBSERVAÇÕES
A Motivação e legitimação da entrevista	1) Motivar o entrevistado 2) Legitimar a entrevista 3) Reconhecer investigações antecedentes com uma fonte comum.	Predisposição para o tema e finalidades da entrevista	1) Informar acerca da natureza e objectivo do trabalho 2) Solicitar a colaboração sob uma perspectiva de enriquecimento mútuo, assegurando o sigilo e a autorização da gravação, enquanto suporte fiel das respostas dadas.	Entrevista de carácter semi-directivo, permitindo livre expressão sobre os aspectos considerados.



B - Contexto Socioeconómico

C - Lavra Mineira e Infra-estruturas de apoio

D - Minério, Litologia e Ambiente

E - Fecho e Abandono

Determinadas perguntas foram recolocadas, sob diferentes enunciados, com a intenção de confirmar ou infirmar respostas menos consistentes. Esta opção foi adoptada quando se percebeu existir dificuldade em reavivar memórias que o Entrevistado parecia evocar, mas com pouca clareza. Tentou-se também associar factos da actividade mineira a acontecimentos de cariz pessoal, como a referência a datas marcantes (casamento, nascimento de filhos, cumprimento do serviço militar, etc.), o que permitiu delimitar e confirmar acontecimentos no espaço e período de actividade mineira.

A entrevista teve como objectivos: **1)** Identificar traços característicos da comunidade mineira; **2)** Registrar particularidades da actividade extractiva; **3)** Reconhecer a geologia do depósito explorado e sua valorização; **4)** Recolher elementos indicadores do impacte ambiental associado à mineração. Estes objectivos gerais orientaram a construção dos enunciados de perguntas agrupadas pelos *blocos temáticos* no Guião, marcando também os vários momentos da entrevista:

**A - Motivação e legitimação da Entrevista** – como momento preliminar ou preparatório da entrevista, apresentação ao Entrevistado do objectivo e da natureza do estudo em que a entrevista se integra; referência dos moldes em que se regista a entrevista e seu pedido de autorização; neste momento tenta-se igualmente perceber se o Entrevistado já participou em inquéritos/investigações/documentários semelhantes ao que se está a propor;

*B – Contexto Socioeconómico* – contextualização ampla da comunidade em que o Entrevistado se integrava, identificação de características (discriminantes ou não) da comunidade que se dedicou à exploração mineira, condições e relações específicas no cenário da mineração;

*C – Lavra Mineira e Infra-estruturas de apoio* - apelo às memórias técnicas da prática mineira propriamente dita, percepção da maior envolvimento do Entrevistado no ambiente de lavra mineira;

*D – Minério, Litologia e Ambiente* - conhecimento e compreensão do terreno, dos materiais manipulados e da implicação que estes exercem sobre o meio; referência a temas relacionados com materiais geológicos, formas do depósito explorado, da ocorrência e aspecto do minério e do impacto no meio físico, associado à extracção e tratamento;

*E – Fecho e Abandono* – contexto e motivos da suspensão da lavra e encerramento das explorações; recriação do cenário de paralisação mineira; revolta ou passividade social; identificação das implicações que teve o “fecho das minas”; identificação de expectativas que a exploração mineira possa levantar; reconhecimento da produtividade e do retorno social e local.

A modalidade das perguntas é de tipo *aberto*, permitindo aos Entrevistados uma livre expressão sobre factos e opiniões em cada bloco temático. O tempo destinado a cada bloco não foi delimitado. A condução do discurso, intervenção ou desvio dos temas em consideração, só se realizou em situações de repetição e fuga explícita do tema.

## IV.1 2. DESTINATÁRIOS DA ENTREVISTA

A entrevista foi aplicada a antigos trabalhadores mineiros, nos períodos Abril - Agosto de 2007 e Julho - Agosto de 2009, tendo sido apresentados alguns resultados em *Alves (2007)*; *Alves et al. (2009)* e *Alves (2013)*.

Os locais em que se realizaram as entrevistas coincidiram, na sua maioria, com os locais de residência dos Entrevistados. A sua localização apresenta-se na **Figura IV.2**. As áreas demarcadas em torno da localização de cada Entrevistado são aproximações a fulcros mineiros reconhecidos, ou mesmo designados, no momento da entrevista.

No primeiro período de entrevistas, a área explorada foi Vilar de Mouros, onde ainda residem pessoas que recordam os períodos mais críticos da actividade mineira. O estabelecimento de contactos e acesso a estas pessoas foi promovido e realizado em estreita colaboração com o Grupo de Estudos e Preservação do Património Vilarmourense (*GEPPAV, 2013*). Esta Associação local dedica-se, entre outras actividades, à recolha, sistematização e publicação de registos, orais e documentais, que testemunhem actividades e acontecimentos com relevância histórica para Vilar de Mouros (dos mais recuados aos contemporâneos). Parte fundamental do inventário e entrevista à maioria dos antigos trabalhadores vilarmourenses, que testemunham sobre a Mina de Castelhão, deve-se ao GEPPAV. A existência desta

Associação, com importância reconhecida pela população no domínio da valorização e preservação do património, determinou a boa consecução das entrevistas em Vilar de Mouros e apontou pistas para outras, em freguesias distintas.

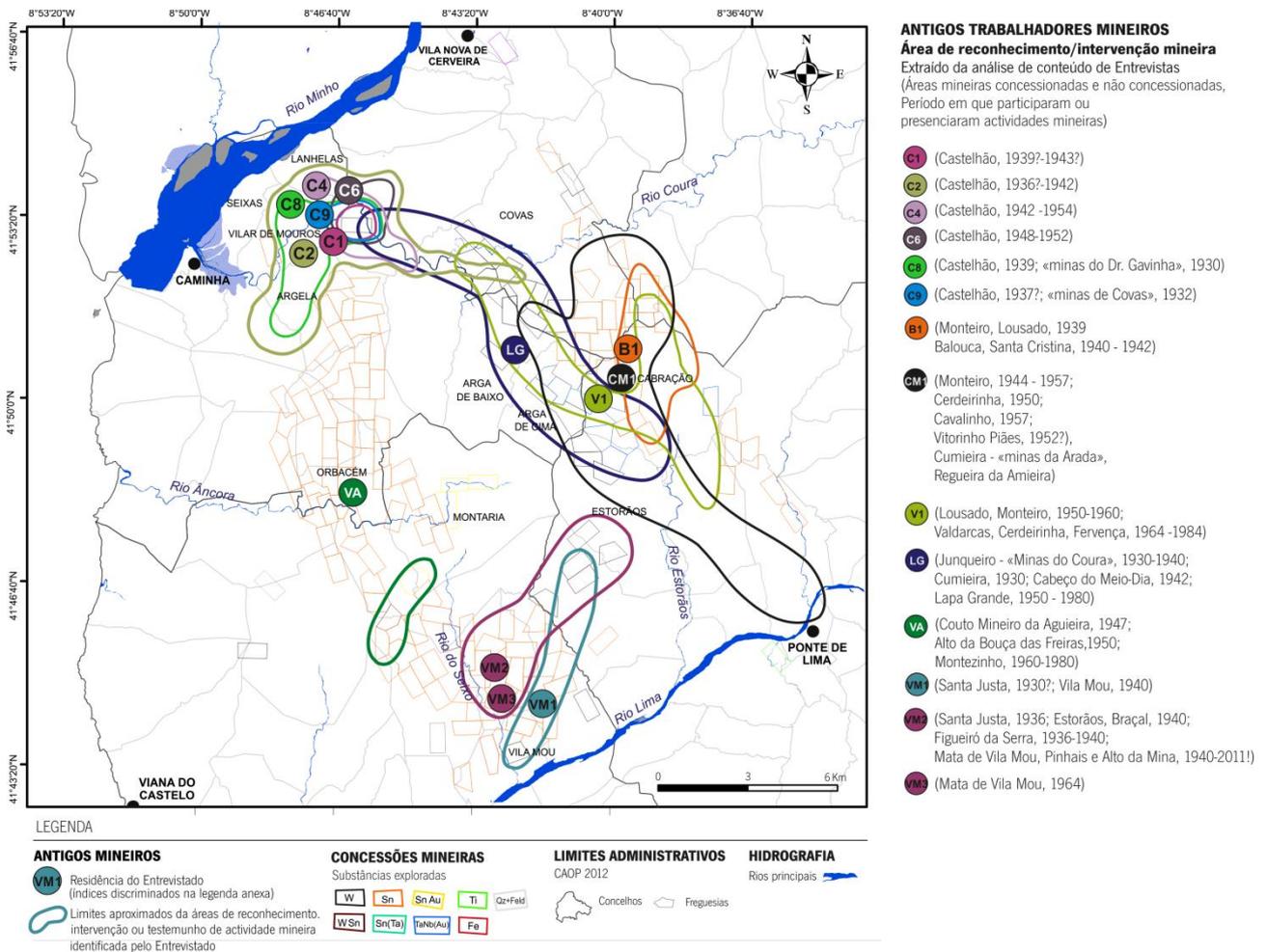


Figura IV.2. Localização dos locais onde correu a entrevista (na sua maioria, nas residências dos entrevistados). Indicação das áreas de reconhecimento de actividade mineira por parte dos Entrevistados (perímetros artificiais - delimitados segundo as indicações expressas no decorrer da entrevista).

A caracterização genérica dos Entrevistados incluiu um código, referência ao género e dados indicados na entrevista, tais como: ano de nascimento; explorações mineiras em que interveio ou testemunhou; ano em que iniciou trabalhos de lavra, ano em que deixou a actividade e escolaridade (Tabela IV.3). Os códigos foram construídos com siglas relativas à mina ou exploração mineira principal em que Entrevistado trabalhou: C (Castelhão), B (Balouca), V (Valdarcas) e CM (Cabração-Monteiro), LG (Lapa Grande), VM (Vila Mou), VA (Verdes – Agueira). O índice respeita a sequência cronológica segundo a qual as entrevistas foram realizadas (com contagem distinta em cada mina).

Do conjunto dos entrevistados, foram seleccionados para este estudo apenas alguns. Os critérios de exclusão basearam-se em questões técnicas, como a má captação/percepção do discurso, e questões de conteúdo mínimo, quando não existia um mínimo de dois blocos temáticos atendidos no conjunto do discurso.

No decorrer da Entrevista, foram observadas algumas regras de conduta. **Delaire (1988)** propõe *cinco regras: acolhimento, centração no vivido pelo sujeito, mais interesse pela pessoa que pelo problema, respeito e consideração real pelo sujeito, facilitação da comunicação*. Atendendo ao espectro de idades dos Entrevistados, as regras de **Delaire (1988)** facilitaram a progressão da entrevista e a compreensão do discurso.

A maioria das respostas obtidas teve um carácter fortemente idiossincrático. Isto deveu-se aos processos de “rememoração” de um passado distante com vivências particulares, num cenário socioeconómico comum, em que as explorações mineiras são os principais pontos de convergência. Como refere **Godinho (in Fonseca, 2007)** “os actos de memória assentam numa materialidade de coisas e de locais” que, neste caso, converge nas minas. Esta idiossincrasia valorizou o contributo das entrevistas.

**Tabela IV.3** - Caracterização dos Entrevistados (Ent.) códigos de identificação. (\*) dados inferidos das informações da Entrevista; (-) tema não abordado na Entrevista; (?) dados pouco precisos.

Ent.	Sexo	Ano de Nascim.	Explorações que presenciaram / trabalharam	Ano em que iniciaram/ presenciaram trabalhos mineiros	Ano em que abandonaram/foram “dispensados da mina”	Nível de Escolaridade
C1†	Fem.	1920	Castelhão	1940 - Ajudante no desmonte e a “lavar terras” na “Mina do Pai”(Castelhão)	1947 -Foi servir para “Casa de Senhores”	Sem Escolaridade
C2†	Masc.	1922	Castelhão	1941 - Trabalhou por conta própria na “mina de vários sócios”	1944 - Serviço militar obrigatório	Frequentou escola à noite
C4	Fem.	1922	Castelhão	1942 - Acompanhou a exploração enquanto foi servente doméstica de trabalhadores mineiros 1954 - Morou com a família na Casa da Mina depois de desactivada a exploração, esposa do “guarda - vigiador” da mina	1966 - Abandonou a Casa de Castelhão pelo afastamento à aldeia e por falta de condições mínimas	Sem Escolaridade
C6	Masc.	1930	Castelhão	1948 - Funcionário da Concessionária Mineira 1952 - Reempregou-se novamente como Funcionário	1950 - Serviço militar obrigatório 1953 - Encerramento da Mina	-
C8	Masc.	1929*	Castelhão	1940 - Ajudante no desmonte e a “lavar terras”	?	Escolaridade básica
C9	Masc.	1928	Castelhão	1941 - Ajudante no desmonte e a “lavar terras”	1944 Migrou para Lisboa	Escolaridade básica
B1	Masc.	1924*	Chelo, Balouca, Monteiro Campo de Lousado	1942 - (Actividade de pilha na Balouca)	1944 Migrou para Lisboa	-
V1	Masc.	1937*	Lousado Monteiro, Valdarcas, Cerdeirinha, Fervença...	1955 -Actividade de pilha* 1964 -Capataz em Valdarcas	1984 Encerramento da Mina de Valdarcas*	-
CM1	Masc.	1932	Regueira da Amieira, Monteiro, Cerdeirinha, Cavalinho, Cumieira (Arada) Vitorino de Piães	1944 -Apoiou transporte de compressores de Monteiro 1948 -Ajudante de pedreiro na Cerdeirinha - Empresa MINARGA 1953 -Capataz da Lavaría no Cavalinho* Empresa Entrepósito Mineiro do Minho e MIPOLI 1957 -Capataz da Mãos/Monteiro*	1964 Emigrou para França	Escolaridade básica
VM1	Fem	1930	Campo de Vila Mou	1940 -“Lavava terras”	1948 ?	Sem Escolaridade
VM2	Fem	1922	Santa Justa Campo de Vila Mou (Figueiró da Serra) Estorãos Braçal	1933 - Lavava terras em Santa Justa 1936 - Casada com serralheiro e mecânico da Companhia Mineira do Norte de Portugal - CMNP (Acompanhou o marido em Figueiró da Serra até enviuvar)	2010 - Assumia-se ainda como responsável e representante da Companhia, em Vila Mou, de quem recebeu terrenos em troca de vigia e “guarda à mina”.	Escolaridade básica
VM3	Fem	1954	Mata de Vila Mou	1964 - Ajudava a mãe a “lavar terras” de Mata de Vila Mou	1968 - Migrou para Viana	Escolaridade ?
VA	Masc	1936	Couto Mineiro d’Aguieira Alto da Bouça das Freiras Alto da Bouça da Breia	1947- Serralheiro/carpinteiro da “lavaría dos Verdes” Empresa Armando Casimiro da Costa	1960 - Foi deslocado pelo director técnico para as minas de Montezinho (Bragança)	Escolaridade básica
LG	Masc	1938	Campo de Junqueira - Cumieira Lapa Grande Cabeço do Meio-Dia	1942 - Actividade de pilha no Coura* 1950’ - Guarda da mina de Lapa Grande, empresa Gaudêncio Valente e Faria.	1970 - Guarda do acervo móvel e imóvel da Mina da Lapa Grande, abandonou por falta de pagamento.	Escolaridade básica

### IV.1.3. ORGANIZAÇÃO DO *CORPUS* DAS ENTREVISTAS

A transcrição dos registos orais originou *14 protocolos de entrevista*, que passam a designar-se assim depois de adequados ao suporte escrito (a “voz escrita”). Elaborou-se um cabeçalho, semelhante ao da **Tabela IV.4**, que fornece indicações breves do contributo de cada Entrevistado à presente investigação. As referências geográficas ao local em que decorreu a entrevista foram consideradas pertinentes e a integrar no cabeçalho do *protocolo*, uma vez que, em muitos dos casos, existiu alguma proximidade entre o local da entrevista e as zonas de exploração mineira, a que se reportam os Entrevistados. Destas indicações, na maioria gestuais e de expressão facial, se extraíram, em grande parte, as áreas de reconhecimento mineiro, apresentadas na **Figura IV.1**. Em alguns casos, houve até contacto visual com locais mineiros, explorados pelo entrevistado, o que servia de suporte à descrição de práticas, escavações restantes e fulcros de maior interesse e potencialidade.

**Tabela IV.4.** Modelo de cabeçalho dos protocolos de cada entrevista.

Cabeçalho da Entrevista – Código do Entrevistado	
Nome do Entrevistado	Referências Pessoais ao tema da Entrevista
Dia em que se realizou a Entrevista	
Local onde decorreu a Entrevista	Referências Geográficas do local onde decorreu a Entrevista
Pessoas que assistiram à Entrevista	
Observações sobre o ambiente que se gerou durante a Entrevista.	

O conjunto dos *protocolos de entrevista* concretiza o que se designa por *corpus* (Bardin, 1994). Este diz respeito ao registo escrito das entrevistas, depois de depurados aspectos de oralidade e afastamentos ao tema, que se tenham verificado no decorrer das entrevistas. Enquanto instrumento de recolha de dados, as entrevistas podem facilmente ocasionar confrontos de ideias, gerações, condutas cuja resolução não está em causa, mas que influem no discurso e *interacção* entre entrevistador-entrevistado. Na resposta a determinadas perguntas, verificaram-se perturbações de diferentes naturezas, motivadas, tal como descreve Morin (1984) por “um gigantesco *sistema de defesas*, ou uma gigantesca *necessidade de se exprimir*”. Estes aspectos, quando analisados no registo escrito, carecem de depuração para estabelecer o *corpus*, sobre o qual se dá a sequência analítica.

### IV.1.4. ANÁLISE DE CONTEÚDO DE ENTREVISTAS

A metodologia que se considerou mais adequada para analisar o sentido das palavras dos Entrevistados foi a *análise de conteúdo*, tal como foi apresentada por Bardin (1994). A mesma implica o estabelecimento de um sistema de categorias, garantindo que a categorização seja rigorosamente fiel à “voz escrita” dos Entrevistados. O método inclui ‘técnicas de ruptura’ face à intuição aleatória e fácil da leitura/pesquisa directa e exploratória.

Dados do tipo *testemunhos orais* induzem facilmente a enviesamentos da informação expressa nas entrevistas. Hayman (1984) aborda os “interesses implícitos no material verbal”, determinando a interpretação e aplicação dos resultados analíticos. A *análise de conteúdo* impõe, assim, “um intervalo de tempo entre o estímulo-mensagem e a reacção interpretativa” (Bardin, 1994). Para a sua consecução, seguiu-se o protocolo apresentado no Capítulo II (**Figura**

II.1). A sua aplicação fez-se de forma exaustiva, ou, na expressão de Ghiglione *et al.* (1980) “não negligenciando qualquer informação contida no texto, relacionável com o objecto de estudo”.

A unidade de registo ou “unidade de significação” (Tabela IV. 5) adoptada foi a proposição. Ou seja, seleccionou-se dos protocolos de entrevista a frase ou elemento da frase que estabelecesse uma relação entre dois ou mais termos (D'Unrug, 1974). Esta opção visou a categorização e a análise frequencial, semi-quantitativa (Bardin, 1994).

Ao longo do processo de análise, para mais facilmente detectar os pontos comuns do discurso dos Entrevistados, submeteram-se as proposições a novo tratamento depuratório. Este incluiu a "eliminação das conotações" (Ghiglione, 1980), sem que daí resultassem alterações de sentido e conferindo aos indicadores um maior grau de generalidade (Tabela IV. 5).

Por sua vez, a inferência de categorias obedeceu a "critérios de coerência, homogeneidade, exclusividade recíproca e exaustividade" (Estrela, 1986). Dessa forma, e a partir do tratamento do *corpus*, organizou-se uma *Grelha de Análise* de Conteúdo de Entrevistas (Tabela IV. 5), apresentada, na fase preliminar desta investigação, em Alves (2007), indicando-se aqui apenas um extracto ilustrativo.

**Tabela IV. 5.** Extracto da Grelha de Análise de Conteúdo de entrevistas a antigos trabalhadores mineiros. Extracto relativo à UR “(...)as de Seixas vinham aos bandos, eram aos bandos...”, respeitante à Categoria “Caracterização da Comunidade Mineira”, Sub-Categoria “Corrida ao minério”.

Categorização		Codificação		Entrevistados							Frequência de ocorrências					
Categorias (Cat.)	Sub-Categorias (Sub-Cat.)	Indicadores (I)	Unidades de Registo (UR)	C 1	C 2	C 4	C 6	C 8	C 9	B 1	V 1	C M 1	UR	I	Sub-Cat.	Cat.
Caracterização da comunidade mineira	“Corrida ao minério”	Afluência em massa às exploração	(...) as de Seixas vinham aos bandos, eram aos bandos...	2		1							3	#18	#30	#127

Segundo Amado (2000), os aspectos mais importantes de uma análise deste tipo devem-se à representação rigorosa e objectiva dos conteúdos das respostas dos Entrevistados, ao avanço promovido por inferências interpretativas que seguem quadros teóricos de referência do investigador. Neste caso, podem referir-se quadros técnicos incluídos no acervo documental das concessões mineiras. Este aspecto permite aplicar criativamente a Análise de Conteúdo, pois o investigador *assume o papel do actor* (trabalhador mineiro) e *vê o mundo* (a mina) *do lugar dele*.

A interpretação do sistema de categorias, construído a partir do conjunto de respostas dos Entrevistados, (Capítulo II, Figura II.1), incluiu as *etapas analíticas* de: I – Pré-Análise; II – Exploração do Corpus; III – Tratamento dos resultados e interpretações.

A Pré-Análise parte do que Bardin (1994) designou por *leitura flutuante dos protocolos*, com vista à detecção dos grandes temas comuns aos Entrevistados. Ao mesmo tempo, observaram-se os principais contrastes entre as respostas emitidas. Os diferentes temas englobantes especificam-se como categorias e estas passaram a considerar-se mais ou menos relevantes segundo a frequência de ocorrências das suas *unidades de registo* (UR).

A obtenção das UR fez-se pela decomposição do texto, usando a técnica que **D'Unrug (1974)** apelida de “cola e tesoura” e que consiste na selecção de uma parte ou elemento do texto que contenha em si mesmo um sentido completo: *recorta-se a proposição* do corpo da Entrevista e *cola-se* num espaço da linha correspondente à categoria, na grelha de análise.

Na **Exploração do Corpus**, seguiu-se a regra da *exaustividade*, segundo a qual “é preciso ter em conta todos os elementos do *corpus*” (**Bardin, 1994**). Considerou-se a totalidade das respostas para a categorização. A *grelha de análise marca esta etapa analítica*, na qual convergem *categorias, sub-categorias*, indicadores e estes, explicitados pelas *unidades de registo*, anotando-se a respectiva *frequência de ocorrências* (exemplo na **Tabela IV. 5**)

A maior ou menor relevância de cada uma das categorias, sub-categorias e unidades de registo, como já acima se referiu, é concretizada no número de ocorrências. Este aspecto quantitativo facilitou a apresentação e condensação dos resultados da análise, bem como a sua posterior interpretação.

Com o propósito de prosseguir num **tratamento dos resultados** seguro, estando já estabelecido o *sistema de categorização*, realizou-se a “validação” deste pelo “método dos juizes”, tal como o apresentam **Huberman e Miles (1991)**. Solicitou-se a dois *experts* uma análise pormenorizada das categorias e sub-categorias para poderem expressar o seu Acordo ou Desacordo face às mesmas. Segundo a fórmula  $CF = NA/(NA+ND)$ , em que CF é Coeficiente de Fiabilidade, NA é Número de Acordos e ND é Número de Desacordos, apresentada por **Huberman e Miles (1991)**, obteve-se o *Coeficiente de Fiabilidade* de 96,95 %, facto que estipulou como aceitável a categorização elaborada (o intervalo que valida uma codificação múltipla situa-se entre 70 a 90 %).

#### IV.1.5. TEMAS PRINCIPAIS – APRESENTAÇÃO GRÁFICA

Depois da apresentação da técnica de recolha de dados, na vertente de elaboração e tratamento, apresentam-se, seguidamente, os resultados que decorreram da sua aplicação. Com suporte na Grelha de análise de conteúdo das entrevistas, a expressão gráfica global do Sistema de Categorização apresenta-se sob a forma de um Gráfico-Matriz (**Figura IV. 3**).

As categorias identificadas foram: **1)** Comunidade Mineira; **2)** Planeamento Mineiro; **3)** Abandono Mineiro; **4)** Geologia do Depósito Mineral; **5)** Impacte Ambiental.

Segundo o Gráfico-Matriz, pode constatar-se que, destas 5 categorias, se explicitaram, inferidas do discurso dos Entrevistados, 25 subcategorias, cobrindo os Blocos temáticos inicialmente organizados no Guião de Entrevista. Assim, a formulação das subcategorias respeita a designação e a importância relativa que os temas assumiram no *corpus* da análise.

A sistematização de informações de natureza oral, veiculadas pelos Entrevistados, aflorando aspectos peculiares de cada fulcro de mineração, foram sintetizadas em indicadores e, as mais significativas, enunciadas em *unidades de registo* (**Tabela IV. 5**). Este tratamento da informação reduz a visão fraccionária do fenómeno mineiro, expresso no testemunho individual de cada Entrevistado. Quando se conjugaram os testemunhos de diferentes áreas de exploração,

conseguiu-se uma interpretação mais consolidada, uma vez que os Entrevistados reconhecem as mesmas áreas (Figura IV.2), ainda que, eventualmente em períodos diferentes (Tabela IV.3).

Observando o Gráfico-Matriz (Figura IV. 3) têm destaque acentuado, entre as categorias focadas pelos Entrevistados, a “caracterização da comunidade mineira” e o “planeamento mineiro”. Interpretações que pareçam estabelecer relações directas, ou eventuais correlações numa análise estatística mais aturada, devem ser cuidadosamente analisadas. Um exemplo pode ser a comparação de frequências de ocorrência similarmente elevada para as categorias “caracterização da comunidade mineira” e “planeamento mineiro”, levando a considerar a sua relação directa. Todavia, essa inferência é negligenciável, atendendo à natureza das subcategorias. Nestas, pode perceber-se que as respectivas temáticas são auto-referenciais, ou seja, expressam elementos que definem tanto a comunidade, como o planeamento, sem se observarem relações de reciprocidade.

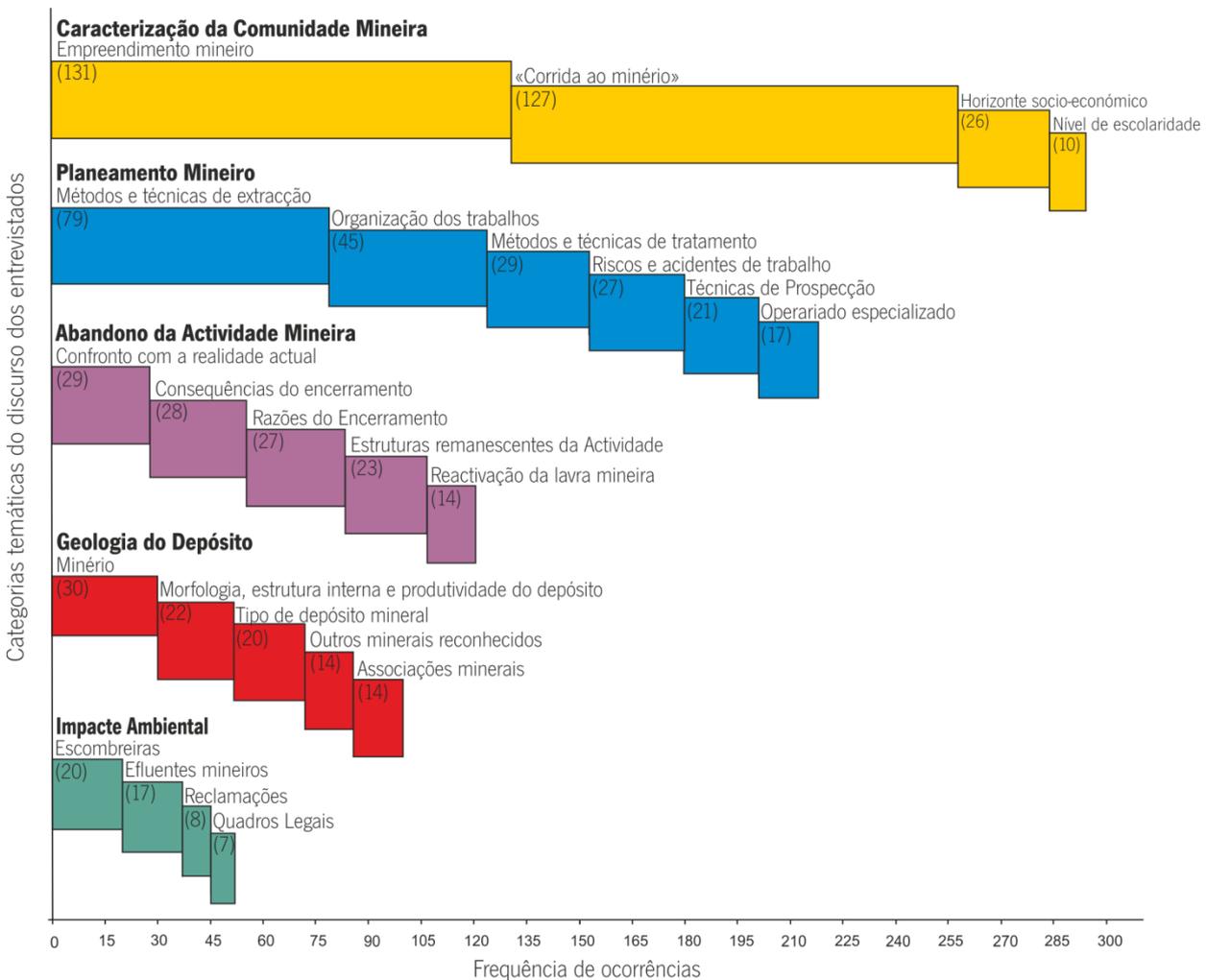


Figura IV. 3. Gráfico-Matriz da análise frequencial de categorias e subcategorias - hierarquização mediante a frequência de ocorrências das UR, em conformidade com as orientações de Bardin (1994) e expressando a síntese da Grelha de análise de conteúdo de entrevistas.

Na construção da Grelha de Análise foram estabelecidos *indicadores* que apoiaram a definição de subcategorias e a comparação do discurso dos Entrevistados. A referência destes *indicadores*, bem como a sua frequência, acompanha os gráficos das Figura IV.4, 6, 7, 8 e 9. As unidades de registo mais significativas, enquanto expressão textual do discurso dos Entrevistados, são apresentadas acompanhando os indicadores e esclarecendo cada categoria e suas subcategorias

(indica-se para cada unidades de registo o código do Entrevistado a que respeita). Os indicadores poderão constituir em si mesmos elementos que retractam o funcionamento mineiro na RMArga, salientando contrastes, peculiaridades e pontos de convergência

### CATEGORIA 1. CARACTERIZAÇÃO DA COMUNIDADE MINEIRA

A categoria “caracterização da comunidade mineira” inclui 4 subcategorias, entre as quais se destacam o “*empreendimento mineiro*” e a “*corrida ao minério*” (Figura IV.4). Estes, podem ser referidos como fenómenos sociais marcantes entre a comunidade mineira.

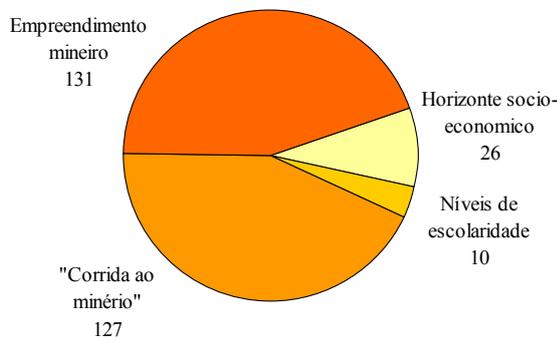


Figura IV.4. Caracterização da comunidade mineira

SUBCATEGORIAS	INDICADORES (frequência de ocorrências)
<b>Empreendimento mineiro</b>	organização logístico- administrativa (38) comercialização do minério (28) fiscalização da produção (12) funcionários e funções (37) qualidade do minério (8) relaciona/to com os trabalhadores de conta própria (8)
<b>"Corrida ao minério"</b>	"actividade de tipo pilha" (43) "trabalho familiar e submissão" (24) "iniciativa pessoal" (21) "afluência em massa aos fulcros de exploração" (18) "ambiente de libertação e deslumbramento" (9) "secretismo no rendimento do trabalho" (7) "meio de empregabilidade e produção de riqueza" (5)
<b>Horizonte socioeconómico</b>	melhoria das condições de vida dos trabalhadores (3) lucro rápido e desgoverno (13) implicações na lavoura (7) percepções sobre a finalidade do minério (3)
<b>Níveis de escolaridade</b>	escolaridade baixa ou inexistente (7) níveis superiores (3)

#### Subcategoria 1.1. Empreendimento mineiro

No indicador que se designou por *organização logístico-administrativa* do empreendimento mineiro, incluem-se os principais intervenientes que estiveram na base das actividades mineiras sociedades mineiras ou grupos mais ou menos organizados de trabalhadores – foram designados pelos Entrevistados como: “a Companhia”; os “trabalhadores por conta própria” (também designados de “trabalhadores ao quilo” ou simplesmente “quilo”) e em grupo perfeitamente discriminado designavam o “pessoal do pilha” ou “pilha”. Este último grupo seria o responsável pelas lavras mineiras mais marcantes, à margem da lei, furtivas, irregulares, impulsivas, sem planeamento, controlo ou subjugação a outros grupos.

Segundo o discurso dos Entrevistados, a *organização* que determinava o estabelecimento de uma concessão mineira seguia a cronologia: exploração “pilha” ↔ “trabalhadores por conta própria” → “Companhia”:

“...O minério é assim desta maneira: o pilha foi o que começou e aquele que tinha uns olhinhos registava. Fazia o registo de uma área – 500m<sup>2</sup> – e assenhora-se daquilo.” (V1); “A primeira mina aqui existente [Cabração], quer dizer, havia diversos poços, diversos trabalhos feitos a céu aberto, mas galerias mecanizadas, máquinas e tudo, lavaria e tudo, era esta [concessão de Monteiro] (...).” (CM1)

“Foi um homem que descobriu [minério] e que levou alguém que conhecia e que disse que valia e que o melhor era registar isso. Depois veio o Sr. Faria, porque se constou que ali havia minério, e trouxe os seus sócios [concessionário]. Mas já havia gente que explorava aquilo. As primeiras pessoas eram daqui [Vilar de Mouros e Argela]...” (C6).

Os registos de manifesto, com enquadramento legal desde meados do séc. XIX, nem sempre eram realizados pelo indivíduo ou entidade que desencadeava o pedido de concessão. Em determinados campos mineiros, o registo que passava a concessão ou era endossado sucessivamente até se constituir uma sociedade (caso de Castelhão), ou era realizado pela própria sociedade mineira, ou por algum dos sócios (caso Valdarças). Existe ainda o caso dos registos feitos pelos futuros engenheiros técnicos, habitual antes da lei de 1930 (caso de Junqueiro e Fonte Nova):

*“Eles fizeram o registo e do registo fizeram a concessão. A concessão era uma sociedade e nós [funcionários da Companhia], explorávamos a concessão” (V1). “A Companhia é que organizava a gente e os papéis, isto era como se fosse tudo deles, a gente cumpria” (VM2). “(...) o engenheiro é que estava por dentro daquilo tudo, ele é que dizia como eram as coisas, os outros [sócios e/ou patrões da sociedade] estavam lá em cima no escritório, nem nunca entravam na mina.”*

Os diversos intervenientes no fenómeno mineiro – “Companhias”, “trabalhadores por conta própria” e “pilha” tinham funções e atributos muito diferenciados:

*“A Companhia era só para comprar o minério...” (C4); “Na cantina [Casa da Mina] vendia-se; na cantina compravam-no os patrões. Era pesado num quatinho, os patrões é que iam pesá-lo, no rés-do-chão (...) [na casa da mina] dormiam os patrões e dormiam os empregados que andavam fora também a vigiar, que não eram de cá. Dormiam em cima, tinham quartos em cima... E havia um quatinho de pesar minério.” (C3).*

*“Eles [trabalhadores por conta própria] o direito que tinham era de ir vender ao escritório, ao patrão. Mas os que podiam fugir com algum, escondiam-no e depois vinham buscá-lo de noite e vendiam-no a outro, porque o outro dava mais dinheiro: eram negócios de contrabando. Quando eu trabalhei (1954-1964) já não havia nada disso” (C9).*

*“(...) quando ficaram os dois filhos [sócios da concessão de Valdarças], que eram os que dirigiam o escritório ali em cima [Valdarças]. Dirigiam, eles não sabiam dirigir nada – eram os senhores, pronto. E lá estavam e recebiam ordens do Porto e chamavam-me e diziam-me: houve um telefonema do Porto e o Sr. Eng.º Cerveira - que era o da Direcção de Minas - disse isto e aquilo, e pronto lá seguia! Mas eles [sócios] não entravam às minas, não entravam em nada. Davam por ali umas voltitas com a mão no bolso, pela lavaria, e faziam a escritura do escritório. O pai [primeiro sócio] também não entrava.” (V1).*

As condições de vida e de trabalho são retratadas na dualidade de funções e privilégios que marcavam os tipos de empreendimento e condutas de administração das várias concessões:

*“Havia aqueles que eram de longe e dormiam lá. Por exemplo, de Inverno, que chovia muito, não podiam fazer a trajectória, dormiam lá naquelas casinhas [Valdarças]. Ao princípio havia lá médico, mas deixou de ir lá. Não sei se foi contratado pelos patrões se era a Direcção-Geral de Minas que obrigava (V1). “Onde eu tive responsabilidade, era feito o pagamento ao pessoal pelas quinzenas, o sábado antes da feira de Ponte de Lima. Mas havia as folhas mensais que eram a verdadeira folha, e nessa folha mensal iam englobadas todas as despesas” (CM1).*

*“(...) até ia o padre com eles [sócios da Companhia de Castelhão], para não serem autuados pela guarda, que, por exemplo: se levavam lá na factura [guia de transporte de minério] de 1000Kg, eles levavam 5000Kg ou assim e depois o padre ia com eles, porque tinha muito valor e ia com eles e a guarda já não os mandava parar.” (C1).*

*“O patrão [cessionário de Vila Mou] naqueles campos punha lá milho e a gente [funcionárias da lavaria] também para lá ia e colhia-se muito e dava a todas (...) era bom aquele patrão para a gente!” (VM2).*

A **comercialização** do minério foi um aspecto evocado de forma distinta, segundo os grupos em que estiveram enquadrados os Entrevistados:

*“Eles [Companhia] só compravam. Nós [trabalhadores por conta própria] íamos vender o que fazíamos com a terra....davam o que eles queriam... Pagavam ao peso” (C1); “A quem iam vender eles [Companhia] já lho compravam, não era só a nós [trabalhadores por conta própria de Castelhão], também [lhes] vendiam muito estanho” (C2); “Eles [Companhia] levavam-no [minério] ao Porto, directo, de carro. Parece-me que era só ao fim de semana (...) Eles é que tinham carro (...) Não havia cá [Vilar de Mouros] nenhum [carro] mas eles tinham. Era uma carrinha com caixa atrás” (C3).*

*“na Companhia era a 40\$00 o quilo [1942-1945], era sempre a 40\$00 o quilo. Nunca havia aumentos” (C2); “Fizeram a Cantina e compravam ali o minério... Fizeram a cantina também para fazer negócio...(C1). “Saíam [sócios da Companhia] daqui [Castelhão] para vendê-lo. Levavam o minério numa camioneta que levava 3 ou 4 toneladas, mas era no fim de 1 mês ou 2. Não era todas as semanas porque não dava, não era peso para isso. O patrão, o Faria [sócio da concessionária de Castelhão] não tinha carro, nem tinha carta, mas o Gaudêncio [sócio da concessionária de Castelhão] tinha e, de vez em quando, vinha aí e já levava uns sacos no carro. A camioneta lembra-me de a ver aí uma vez [década de 50]” (C6).*

*“Pois claro, a Companhia comprava aos trabalhadores de cá. Portanto a gente não podia vender a particulares, não se podia vender a terceiros. O lucro que se tirava da mina tinha de ser [apresentado] a eles!” (C5); “Lucro tinha que haver! Onde eu trabalhei, se bem que foi pouco tempo, passava-me tudo à mão. (...) era ao quilo a que era vendido o estanho naquela altura. Se algum tirava para si já era interdito muito desse minério fora, quer dizer, quem fosse apanhado já ficava sem ele e mais qualquer coisa. Sei que pagavam [Companhia] a 48\$00 o quilo, isto contando 1964 para trás. Ele esteve muito em baixo e depois foi subindo e naquela altura [início da década de 40] estava àquele preço. Mas quem fosse vender a um negociante vendia-o a 500\$00 o quilo” (C9).*

Constituiu-se o indicador **funcionários e funções**, salientando determinadas tarefas, repartidas por grupos, mais ou menos estratificados, mas, na sua maioria, a especialização em actividades mineiras era atribuída a concessões com maior orientação técnica, distinguindo-se, nas restantes, apenas trabalhadores e fiscais:

*“Era o Sr. Costa [sócio da concessionária de Castelhão] que pesava as terras...” (C2, C1); “Esse Lourenço [guarda ou, na gíria, cacheador] foi um falso para nós [trabalhadores por conta própria]...” (C1); “Esses [da Companhia] é que tinham o pessoal deles a trabalhar lá (...) que ganhavam menos [que os “trabalhadores por conta própria”], ganhavam pouco. Ganhavam menos que ganhavam as daqui [mulheres de Vilar de Mouros] (...) ganhavam pouquequinho por dia, ganhavam 14\$00” (C2); “Tenho ideia que eram 14\$00 ou 16\$00 por dia os trabalhadores deles [Companhia]. (...) Não havia dinheiros, não havia ordenados (...)” (C4).*

*“Estávamos aí [Castelhão] uns 10 [funcionários da Companhia]. Eram 3 ou 4 mulheres e eu, depois os outros que vinham lá de baixo [Famalicão?], nessa altura [décadas de 50-60] seriam 10 pessoas ao todo (C9).” (...) nós [em trabalhos de exploração do subsolo] ganhávamos 14 e elas [na lavaria] eram 12\$00 (...) Pagavam-me ao fim-de-semana. Era por conta do patrão [concessionário de Castelhão]” (C9).*

*“Havia os vigias, diversos, escolhidos por eles. Não eram de Vilar de Mouros, já vieram com eles [concessionário da Castelhão], moravam na casa que eles construíram.” (C6); “Nessas concessões, metia-se pessoal de fora, sem ser pilha. Para empurrar aqueles vagões, para empurrar coisas: para empurrar lá dentro. O pilha deixou de ir ali [Escusa - Monteiro] e foi para outro lado, que não havia guarda...” (V1); “Dentro da Geomina [concessionária do Couto de Valdarcas] trabalhei em todo o lado. Sei explicar aquilo tudo. Antes de eu entrar a Geomina já trabalhava nessas minitas cá em cima [concessões de Serra de Covas]. Lá [Valdarcas] estavam no 1º e no 2º piso. Eu depois trabalhei no 3º e no 4º, que foi onde fechou, que fui eu que a fechei (...) Para a Geomina trabalhei 20 anos de capataz - era eu que tinha de mandar o pessoal todo para esta e para aquela frente (V1).*

*“ (...) por fim trabalhavam poucas pessoas porque, conforme o pessoal ia embora, ou que morriam, não se metia pessoal novo. Compravam-se máquinas, e eu fechei a mina com 48 pessoas [1984]. No início aquilo ali tínhamos muito pessoal, mais de 100 ao todo... (...) eu entrei para lá [Valdarcas] a ganhar 40\$00 [ao dia], o marteleiro havia de ganhar aí uns 15\$00 [ao dia], e o ajudante 10\$00 [ao dia] que era por dizer que apanhavam mais aquele pó, porque de resto pouco faziam (V1).*

*“O trabalhador, não o artista, ganhava 6/7\$00, [ao dia], nos anos 44, 45 [Mina de Monteiro]” (CM1).*

*“A maior parte das pessoas da mina [Valdarcas] trabalhavam no subsolo. Cá em cima havia só os guincheiros. O capataz da lavaria dava volta àquilo tudo e condicionava, se às vezes faltava um guincheiro, vinha-me pedir a mim [capataz da mina] um homem para trabalhar” (V1).*

*“Tomei conta do serviço lá em cima [Capataz Cavalinho-Lagoa-Mãos?]. Eram umas 32 pessoas naquela altura [anos 50 do séc. XX]. Estava a ganhar 1100\$00 [à semana], naquela altura [1954] e passei para 1600\$00.” (CM1).*

*“Depois veio o sindicato [1978?] que fazia aquele preço e depois as minhas broas [bonificações] era conforme o sindicato, conforme o meu ordenado – recebia um pouco mais, mas aquela manadinha de notas deixou de vir!” (V1).*

O *relacionamento entre “Companhia” e “Trabalhadores por conta própria”* foi um indicador com pouca expressão, mas, no entanto, deixa aflorar alguns aspectos sociais que distingue fulcros mineiros, tais como Castelhão, Valdarcas e Monteiro:

*“(…) vieram para ali [Castelhão] o Sr. Costa, o Sr. Gaudêncio, o Sr. Faria, e tratavam-nos sempre a todos muito bem. Ele ria-se comigo e eu ria-me com ele.” (C1); “Ficou tudo de luto [com a morte do filho de um dos sócios da Companhia], era muito boa pessoa e o patrão também era muito bom. Eram todos muito bons, eram! Mas claro, também queriam ganhar o deles.” (C3).*

*“A vantagem [de existir Companhia] é que, claro, autorizaram [a exploração] – porque depois aquilo [Castelhão] acabou por ser deles [Companhia] - o registo era deles e só lá trabalhava quem eles autorizavam” (C8).*

*“Eu andava ao par daquilo [desmonte de Valdarcas], dava-me bem com eles [engenheiros da Circunscrição Mineira] e eles faziam-me o favor de me explicar e eu explicava a eles...” (V1).*

*“No Natal e Páscoa eles davam gorjetas aos trabalhadores, porque aquilo era rico” (V1); “Depois do 25 de Abril quem fazia o preço ao trabalhador não era o patrão, e até ali o patrão arranjava trabalhadores por uma codinha de pão. O sindicato fazia aquele preço, e entregava no escritório, publicava aquilo e ganhávamos conforme. Para mim até foi pior porque, como capataz, eles davam-me e eu fazia-lhes a vontade” (V1); “Não houve revoltas [no encerramento da mina de Valdarcas], aquilo era boa gente, pois claro, o que faz ser boa gente, bons patrões era a mina ser rica!” (V1).*

*“Não tinham nada que me obrigar a trabalhar ao domingo e feriado [Companhia de Monteiro], porque mesmo com a escravidão que havia [anos 50], o trabalho de domingo era feito por voluntários e era pago em dobro, mesmo assim” (CM1).*

A *fiscalização da produção* era referida como um dos aspectos mais marcantes nos empreendimentos mineiros como Castelhão, coexistindo Companhia e trabalhadores por conta própria:

*“Apalpavam-nos, andavam-nos a apalpar e a ver (...) Cacheavam a gente (...) cachear é revistar, e para as mulheres havia também uma cacheadeira.” (C1); “obrigavam os trabalhadores a vender o minério à Companhia, não impunha mais nada” (C2); “Eles [Companhia] tinham guardas por ali à volta a vigiar a gente quando saía do trabalho.” (C2); “ [os vigias] deitavam sentido ao pessoal e apanhavam minério...” (C4); “A única modificação que fizeram [Companhia] foi que puseram um operário, contratado da Companhia, a trabalhar em cada mina. Fiscal mas trabalhador e que levantava uma parte igual a cada trabalhador particular.” (C2); “(...) esses vigias deles [Companhia] por vezes até prejudicavam os de cá [Vilar de Mouros] em prol da Companhia.” (C6).*

*“A Guarda Nacional Republicana vivia aí [Santa Cristina - Lousado], para controlar o pilha!” (V1).*

*“Aquilo era tudo fiscalizado pela Direcção Geral das Minas, chamava-se Sr. Eng.º Cerveira. Ele é que mandava juntar o pobre com o bom. Vinham os patrões [Valdarcas] queriam era dinheiro! E eu o que é que havia de fazer? O Sr. Eng.º manda-me fazer aquilo, os patrões querem é dinheiro. E eu lá fazia o que podia para agradar aos dois” (V1).*

A *verificação do minério* ou da qualidade do apuramento foi considerado como um indicador do nível alcançado pelo empreendimento mineiro, se bem que não represente um aspecto especialmente preocupante:

“diziam-me [os funcionários da Companhia]: isto traz muita terra, rapariga! Não traz terra nenhuma, é vocês que querem pagar barato, dizia-lhe eu (...) mas eles diziam que levava muito arsénico” (C1).

“(...) não era o mesmo minério [de Castelhão]. Era idêntico mas não era o mesmo. Misturavam aquilo e o patrão conhecia aquelas pedras – as que eram dele e as que não eram. Vinham vender aqui ao Faria [sócio da Companhia], era ele que comprava. Comprava por pouco dinheiro, claro” (C4).

“(...) tinha de estar limpo, separado o minério da terra e do seixo (...)” (C1, C2, C3; C6 e C8).

### **Subcategoria 1.2. Corrida ao Minério**

As “**actividades do pilha**” foi indicador o que teve maior expressão na “**Corrida ao Minério**”, tanto no que respeita à apreciação do lucro proporcionado pela actividade extractiva, como no que respeita ao sentimento de autonomia e auto-realização que as mesmas proporcionavam:

“Se pudéssemos, já o levávamos fora [minério de Castelhão]. Por fora, compravam-nos mais, e se nós vendéssemos minério fora pagavam-nos mais (...). Se se passava umas pedrinhas, era nas mãos. Metia-se as mãos no bolso e já vinham aí 500\$00!” (C1, C2).

“Depois, por fim, os guardas também começaram a comer alguma coisinha e os sacos [com minério] vinham lá pelo monte abaixo a fugir” (C2).

“Vinham [pilha] vender à Companhia [Castelhão] quando podiam. Era o estanho e era tudo.” (C3).

“Havia um aqui, em Vilar de Mouros, um indivíduo que tinha uns coletes que levava cheios e ia ao Porto vender. Ganhavam muito dinheiro com isso. O tal Convim, ia quase todos os dias ao Porto. Porque se a gente rapasse umas pedras e muitos rapavam o saco, iam vendê-las a ele e ele ia levá-lo ao Porto. Ele pagava a 300\$00 o quilo. Era uma diferença muito grande!” (C6).

“Muitos passavam-no [minério], até o metiam nas botas e sabe Deus o que eles passavam. Que depois eram pessoas cacheadas – as mulheres e os homens... mas vendiam muito (...)” (C3).

“Aqui nos Monteiros, eu ainda cheguei a apanhar algum [minério] mas vieram atrás de nós e tivemos que fugir por um mato abaixo. Ali é que diz que tinham um mais rosandinho (!) que diz que era volfrâmio!” (B1).

“O pilha só vai pelas escondidas e pelas fugidas e de noite” (V1; CM1; C2).

“Era um stock aqui bem perto [Escusa], já neste ribeirinho, muito riquinho! E o pilha caiu nele, tinha para aí 4 m e chegou a ter, eu fui o último que lá andei. Tinha para aí 4m de comprido por alguns 8m de fundo. Calhou de estar no registo deles [Monteiro] e é por isso que apreenderam o minério senão não podiam fazer isso, mas veio guarda e tudo” (V1).

“(...) os Monteiros tinham dono. Tinham muitas galerias e nós entrávamos por lá. Tinham guarda mas a gente ia quando não estava o guarda, íamos de noite! (V1); “Na altura do pilha, nós aqui [Cabração] vivíamos na lavoura de dia e de noite, porque a lavoura não dava dinheiro, íamos ao pilha! Metíamos-nos com uma luz do gasómetro de carboneto na mão, eu e mais a mulher, com um saco às costas, um picaretito. Íamos então segundo o que o velho nos dizia, íamos aos sítios ricos” (V1).

“A concessão tinha mais lucro porque vendia directamente e naquele tempo toda a gente queria explorar o pilha” (B1); “Quando eu andava ao pilha, ia levá-lo a Lanheses, aparecia lá com a minha saquinha do minério e eles se pudessem em vez de me pagar a 10\$00, pagavam-me a 8\$00. E eu tinha de o deixar ir, porque, para que é que eu queria o minério, e o dinheirinho precisava dele.” (V1).

“Havia muito mercado paralelo, mesmo na serra, nesta serra tanto lá para baixo [Covas], que é volfrâmio, como aqui nesta zona [Cabração] que era estanho. Era gente aí, como dizia a canção do minério, era ricos e pobres, uma cantiga que as pessoas cantavam na altura” (CM1).

O fenómeno da *Corrida ao Minério* é descrito como um movimento de massas, ou uma *afluência em massa aos fulcros de exploração*:

“(…) as de Seixas vinham aos bandos, eram aos bandos…” (C1, C2); “[trabalhadores] por conta própria, eram mais de 100” (C1, C2, C4, C6; C8; C9); “(…) foi tudo para o minério” (C2); “Andavam muitas mulheres, andavam de Seixas... para aí umas 40 andavam. Homens eram mais. Andava tudo lá [Castelhão]” (C4); “Vieram de Lisboa para trabalhar aí [Castelhão]” (C2); “Até ali em France, ali adiante, foi lá um homem com uma picareta e lembrou-se de cavar um bocado. Caiu toda a gente que lá havia com os carros das vacas, toda a gente escavava, carregavam o carro e traziam para as casas, para o lavar e arranjaram muito minério e depois vinham vendê-lo aqui [Castelhão]” (C9).

“Trabalhavam da Cabração e destas redondezas todas a trabalhar para ali [Monteiro], era muita gente (...) Vinham trabalhar para aqui [Monteiro] de muitos sítios: de Trás-os-Montes, mesmo nas outras minas também, de Amarante... O pessoal que trabalhou cá nunca foi todo daqui” (CM1).

Aquela afluência justificava-se, em parte, pelo indicador que se designou por *meio de empregabilidade*, apesar de ter pequena expressão no discurso dos Entrevistados:

“Naquela altura não havia trabalho por lado nenhum, era uma miséria. Era o tempo da guerra” (C2); “Eram governados [patrões rurais], mas já andavam no minério! Eram pessoas que precisavam de ganhar, porque a lavoura não dava!” (C4); “A mocidade não ia para lado nenhum porque tinha a fábrica de serração em que se empregava, depois veio o minério em 40...” (C8).

“(…) nós só trabalhámos lá [Balouca] aí um ano e pouco, enquanto aquilo dava. Foi no início do minério, enquanto o Francês andava por cá [Monteiro]” (B1).

“(…) algumas pessoas governaram a vida deles. Um homem que herdou propriedades e dívidas e, para se desenrascar, (...) meteu-se no minério, não a trabalhar, a negociar, reparou a casa dele – tem uma casa enorme! Libertou-se do que devia, sei que recuperou a fazenda dele... Defendeu-se bem, mesmo sendo lavradores de camisinha lavada, sempre na lavoura, que tinham muita” (CM1).

Vários Entrevistados referem que o trabalho era feito sob forte *controlo e obediência*, em âmbito familiar:

“(…) minha mãe às vezes ia ajudar a lavar” (C1, VM2); “(…) era o meu pai e mais o meu irmão Toni (...) o Toni era o diário (...) E depois, nós que lá estávamos em casa, todos para comer, é que nos levou também. O meu pai não me dava nada, não Senhora!” (C1).

“(…) eu dei-o todo ao meu pai, ia todo para ele. Nós [os irmãos] o que trabalhávamos dávamos para o monte” (C1); “só na [mina] do meu pai é que trabalhávamos, porque tínhamos de trabalhar – para comer, sabe Deus!” (C1); “[o pai] tinha massa e correu o mundo, mas o filho ficou sempre na casa, o filho - meu marido - e tudo [os irmãos], esses nunca foram com ele (...)” (C3).

“(…) ainda foi buscar do filho 12 contos, naquele tempo - os que o filho deixou quando morreu [acidente na Balouca]” (B1); “Havia uma Senhora que tinha alguma meia dúzia de filhos, quase todos já trabalhavam, a tirar nos buracos do rio” (CM1).

São muitos os testemunhos de *iniciativa pessoal* que mobilizou a formalização de sociedades mineiras, o registo de manifestos de depósitos, a instauração de processos de concessão, a par do próprio “trabalho por conta própria” e ao quilo de minério, extensivo às actividades de tipo “pilha”:

“Cada qual tirava para si. Havia para quem quisesse fazer e trabalhar...” (C1, C2, C6, B1); “(…) cada um fazia a exploração por conta própria – e se dava continuava, se não dava procurava noutra sítio.” (C2, C6); “eu só trabalhei por minha conta. Na Balouca e ali para o Chelo, na Escusa, também fui para Arga, ali no Santinho do Alto, que está perto da

*casa da Junta, andei também ali numa chanzada. Éramos 3 [trabalhadores da Balouca] e depois metemos um tipo que era muito mais velho que eu...”*(B1).

Os fulcros mineiros, nestes períodos mais eufóricos, constituíam também *ambientes de libertação e deslumbramento*, testemunhado por todos os Entrevistados:

*“(...) é melhor andar a trabalhar no minério que a gente ri-se e sempre dá umas cantaroladas (...) o que eu queria era “estroeneidade”, não queria prisão e vim às terras com o meu pai”* (C1).

*“Cantavam e arranjava-se sempre (...) A gente ganhava muito mais que na lavoura, a gente queria ir muito mais para o pilha que para a lavoura”* (C8); *“eu encantava-me com o minério!”* (C1).

*“O tempo do minério era bonito! O pilha era bonito, a gente ia ao pilha e topava sempre, sempre!”* (V1).

O *secretismo no rendimento do trabalho* foi constituído como um indicador da *“Corrida ao minério”*, que poderia ter maior expressão, não fosse, no próprio momento das entrevistas, o ter imposto algumas reservas e bloqueios no discurso, sem se assumir inteiramente o rendimento ou produtividade que determinadas explorações (em contexto “pilha”) terão tido:

*“Ai, sei lá, eles não mostravam o minério que tiravam. Aqueles eram finos, que iam por baixo da estrada, mas tinham o filão e apanhavam-no...”* (C1); *“nunca diziam: olha a mina deu-me tanto, deu-me quanto. Calavam-se muito bem caladinhos.”* (C2); *“Não havia gestão! Quando eu era o responsável de serviço [Monteiro], eu tinha que equilibrar o rendimento da mina e a única coisa que eu fazia nunca descobri a ninguém”* (CM1).

### *Subcategoria 1.3. Horizonte socioeconómico*

De um modo geral, as entrevistas salientaram a vertigem de um *lucro rápido e o desgoverno* dos que mais rendimentos obtiveram; a falta de literacia é, por vezes, considerada um dos motivos:

*“Houve outros que gastaram tudo (...) acabou o minério e já a mulher vinha por aí abaixo se lhe queriam os anéis... Até o colchão da cama venderam.”*(C2); *“Fizeram muita força de conto! Eles tinham minas que tirou muito minério e olhe não mereceu a pena. Nem uma casa que comprou...”*(C6); *“Estafaram tudo, pensaram que aquilo nunca mais acabava e conforme o ganharam já estafaram...”*(C8); *“Aquilo deu muito dinheiro, mas pouco aproveitado. Por culpa das pessoas que o exploraram e nunca souberam economizá-lo”* (C3); *“O tempo do minério até chegou a estragar isto [Cabração] com a fartura...”*(CM1); *“Havia pessoas, homens a negociar, que pegavam numa nota de 500\$00, enrolavam-na com tabaco e fumavam-na”* (B1; CM1).

A *melhoria das condições de vida*, relacionada com a mineração, é um indicador poucas vezes evocado e apenas aqueles trabalhadores que integraram concessões maiores, mais organizadas e com períodos de actividade mais latos, é que referem este aspecto:

*“(...) na altura em que comecei a trabalhar [Valdarcas] tirei abono para os filhos”* (V1). *“E antes de aparecer o minério a lavoura era uma coisa. Foi tudo à falência na lavoura, no tempo do pilha”* (C6, CM1).

*“As pessoas deixavam a lavoura para explorarem o minério, era uma coisa doida a tirar dinheiro enquanto a guerra durou.”*(B1); *“constou-se que aquilo era uma fortuna de minério e deixaram as roças e vieram para trabalhar para aí e depois não toparam nada e iam-se embora...”* (V1); *“(...) ele foi buscar as cabras à serra e eu fui para lá para o fundo [Balouca] e estava lá quando ele chegou...”* (B1).

“Todos os meus meninos meti à escola, aquele dinheirinho era para lhes dar o comer e a instrução. Os patrões mais queriam assim. Eram muito bons aqueles patrões!” (VM2).

A *percepção sobre a utilidade e finalidade industrial do minério* era pouco clara:

“diziam que era para matar gente, já não era nada bom.” (C1, C2); “...mas diziam que o minério era para nos matar a nós todos. Dizia-o tanta gente” (C3).

“Dizia-se que a tantálita era separada e dizia-se que se dava aos mesmos aliados e que era ao mesmo preço. Ela era separada, porque ela saía junta, ainda ia para a separadora. Às vezes ouvia-se nas reuniões: era um prejuízo separá-la, se dava a mesma coisa e o mesmo preço! Eu nunca acreditei directamente nisso. Se era como eles diziam, tinha que haver uma diferença...” (CM1).

Ainda na *caracterização da comunidade mineira*, com menor importância no discurso dos Entrevistados, surgiu o indicador *nível de escolaridade*. Era reconhecido o *nível superior de escolaridade* dos engenheiros e outros técnicos, que orientavam os trabalhos, e sobretudo expressa uma *escolaridade baixa ou inexistente*, em parte devido ao engajamento e preferência da actividade extractiva:

“Qual escola, a minha mãe bateu-me pouco por causa de não ir para a escola. Eu não quis ir para a escola, eu não me dava na escola e nenhum dos meus irmãos aprenderam a ler, nós viemos foi para aqui [Castelhão], mais gostava disto!” (C1).

“O Sr. Eng.º Cerveira era o que dizia tudo, era o que mandava (...) era esse que orientava e nós tínhamos de obedecer a ele.” (V1).

## CATEGORIA 2. PLANEAMENTO MINEIRO

A categoria “*planeamento mineiro*” inclui 5 subcategorias (Figura IV. 5). A que assumiu maior importância no discurso dos Entrevistados diz respeito aos “*métodos e técnicas de extracção de minério*”.

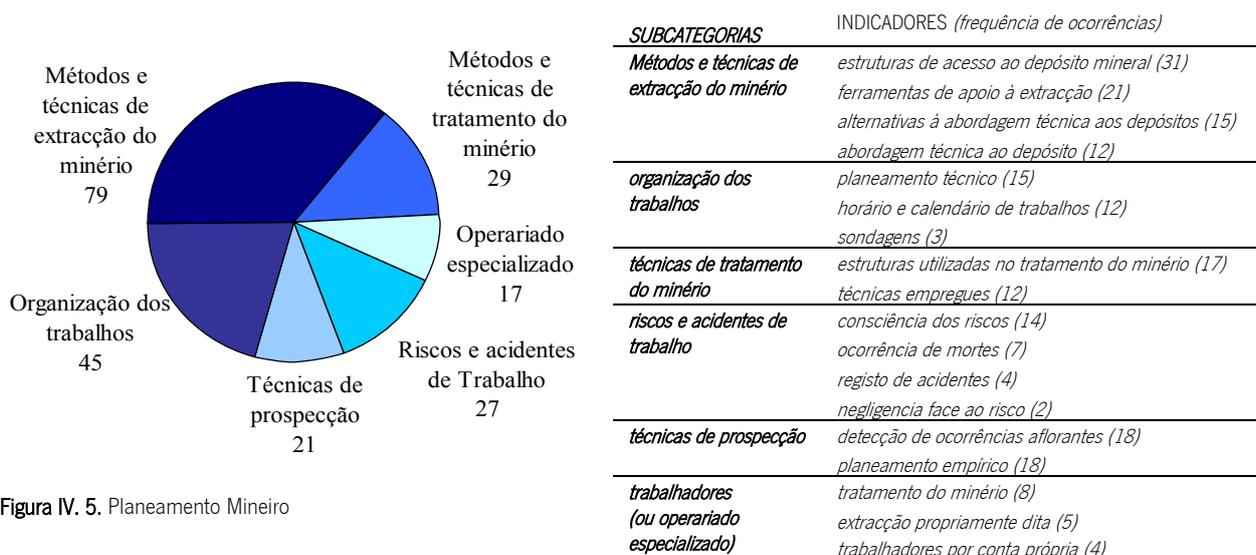


Figura IV. 5. Planeamento Mineiro

### *Subcategoria 2.1. Métodos e técnicas de extração do minério*

Nesta subcategoria incluem-se indicadores sobre infra-estruturas, ferramentas e formas convencionais ou singulares de abordagem dos depósitos. Entre as **estruturas de acesso ao depósito**, as mais referidas são as galerias:

*“Minas assim [galerias a flanco de encosta], eles [trabalhadores por conta própria] não tinham nenhuma. Havia uma para o lado de lá do rio, que era a galeria 1, morreu lá um filho do Sr. Gaudêncio. Essa era a galeria 1, era horizontal mas era virada para o lado de lá – de France. Nessa eu nunca entrei lá dentro. Trabalhei nessas que estão para aqui [Vilar de Mouros], todas são galerias horizontais (...) Andava-se lá mais ou menos, só andávamos lá dois. Tinha altura suficiente, a gente fazia aquilo com largura e altura suficiente para a gente não andar lá entalados. Havia lá uma, que me mandaram para lá uma vez ou duas, que essa era preciso andar a gente assim (...) para ir e chegar lá dentro, e altura na mesma, fazia-se um recuo (!) para aqui. Aquilo eu fui para lá uns bocados ou quê e disse logo: para ali não vou. Metia-me muita impressão a gente entrar num buraco entalado. Mas quando a fizeram, faziam mais larga, como as grutas” (C9).*

*“Usava-se um estrado de madeira para pôr um sarilho e descer as pessoas e tirar os caixotes de minério. Nessa mina [galeria de Castelhão] avançou-se em profundidade, nessa só. Só conheci essa aí – que é a mesma aonde eles estão com as máquinas [construção da auto-estrada A28] ... e era aberto o tal socavão” (C8).*

*“Era uma espécie de túnel [galerias de Castelhão], cada um em seu sítio, não havia ligação entre eles (...) A gente [trabalhadores por conta própria] abria um buraco - assim a prumo para baixo - e eles [Companhia] era uma espécie de galerias, eram corredores” (C1).*

*“As minas eram assim: eram muito fundas! Depois chegavam ao fundo onde havia aquele filão do minério, no filão do minério! e eles [trabalhadores por conta própria] iam sempre abrir por aquele... que era muito perigoso. Era muito perigoso que até se podia esbarrancar (!) uma mina e ficarem ali debaixo... Mas eles, com aquela coisa do minério...” (C8). [As minas] tinham umas escadinhas (...) Eram na pedra - na terra e nas piçarras... (C2).*

*“Fizeram uma [galeria no flanco de encosta] mas encontraram um rego de água enorme e abandonaram – isso já foi na primeira fase [década de 40]. Quando fui para lá ainda entrámos nela, essa que tinha a água, mas não fizemos lá nada. Essa é muito cá em baixo...” (C9).*

*“A maior parte era em profundidade, [sustentavam] com escoras de madeira: encostavam, faziam de encosto e depois acabavam por servir de degraus. Era pinho... a largura que tinha a abertura da mina era a largura que tinham as vigas. O filão era mais estreito. (...) havia aberturas da mina que tinham dois filões, um de um lado e outro de outro e tinha que se seguir aquela abertura para explorar os dois filões. A abertura, por acaso da nossa, tinha aí 4 m. A madeira tinha de ter 4 m, tinha de servir de encosto e junções não podia ter, porque se tornava perigoso. Que aquilo tinha uma profundidade grande.” (C2); “a mina mais profunda [de Castelhão] havia de ter 30 m de profundura” (C9); “As escoras iam de encontro ao encosto das paredes, de uma parede à outra, e não tinha junções, portanto aquilo acabava por servir de degraus, (...) na abertura da totalidade da mina. As escoras eram os degraus. O número de escoras dependia da profundidade da mina, a nossa devia ter uns 20 degraus” (C8). (...) “eram todas da mesma profundidade (...) foram principiadas mais ou menos ao mesmo tempo, que foi quando se descobriu [por volta de 1940]” (C2).*

*“As galerias [de Castelhão] tinham fases: tinha pedaços de mole, que se dominava à picareta e tinha pedaços de ser a fogo também. A profundidade dependia do declive do terreno. Eu conheci 3 em comprimento, uma foi a tal Galeria 1 e outra, da parte de baixo, junto da lavaria (...) aberta para a estrada, a exploração era feita em direcção à estrada. A terceira era cá em baixo, próximo do rio Coura” (C9).*

*“No Cavalinho, havia diversas galerias. No Cavalinho lá em cima [acima da estrada], há o 1º, 2º e 3º pisos, que não tem nada a ligar às outras de baixo [junto ao ribeiro do Cavalinho]. Em baixo, aquilo já é Bouça do Abade – Fulão, há o 4º piso, que é ainda por cima da estrada, há o 5º quem sobe à esquerda, que está tapado com cimento, porque caía o gado. Tinham uma ligação de cima a baixo, em baixo era mecanizado e tinha vagonas. Ao fundo há um regueiro e uma galeria com duas entradas e seria o 6º e 7º, mas eles não tinham assim marcado. Aqueles lá em cima eram o 4º e o 5º e estes, em baixo, eram o pólo norte e o pólo sul. Em cada galeria pode-se entrar, só está uma fechada. (...) No 7º piso, há uma casa que ardeu, na direcção dessa casa, mais alto que o ribeiro, está a galeria do 7º piso, mas não se vê, que era para*

ligar àquelas, mas era para tirar a água por ali – e esse é o 7º piso. Que era o que eles iam meter atravessado se conseguissem ter terminado aquilo” (CM1).

“Valdarcas tinha um plano inclinado que nós descíamos 114 degraus - mais inclinado do que o que está escrito, porque aquilo tinha 40° ou 45°, para chegar lá abaixo descia-se por umas escadas – do 3º para o 4º piso. Ai havia uma mina onde havia muito minério, uma mina que havia de ter mais de 50 m...” (V1).

“Na Cerdeirinha há uma galeria que aquilo era só para sacar, em vez de ser com as camionetes era para se explorar [prospecção por sondagens], mas aquilo não foi para o fundo, a mina ficou por baixo. No buraco da Cerdeirinha ali a Sul, desce uma grande caverna e essa vai dar para a mina, ao Sul. Que a mina ia esbocar à lavaria, ao nível da lavaria.” (V1); “Na Cerdeirinha era a céu aberto e há uma galeria, só onde descarregava a lavaria. Não era em terreno de exploração, era só de transporte, para facilitar.” (CM1).

“O socavão era a mina [Monteiro], que a gente entrava já depois de se estar no socavão – onde se sacou tudo o que havia, é por isso que se chama socavão, cabe lá igreja da Cabração, com torre e tudo (CM1)

Entre os **mecanismos e ferramentas de apoio**, distinguiram-se os que se empregavam no **transporte**. Eram de diferentes naturezas, mediante o tipo de concessão, quando intervinham “trabalhadores por conta própria” ou o “*pilha*”:

“...os carrinhos éramos nós: às costas.”(C1); “...o carrinho de mão era para tirar o entulho (...)” (C2); “Carrinhos de mão e em madeira, pesados como o chumbo.” (C6).

[Nos transportes verticais] “Tinham um sarilho lá em cima, botavam baldes para baixo e depois vinham cá em cima e puxavam aquela terra. (...) Tinham um homem cá em cima sempre a puxar” (C4); “Aquilo [minério] vinha cá para fora, deixava-se nuns caixotes e vinha-se com os caixotes à costas, as mulheres à cabeça, aquilo a subir era duro...” (C6).

“(...) trazíamos para cima num caixote, puxava-se num sarilho, com uma corda e depois virávamos e ali fazia-se um monte de terra. Depois íamos lavar àquele ribeirinho [ribeiro de Benvisa]” (B1).

Em concessões com maior investimento em material e mecanização, cumprindo **orientações técnicas** para uma maior produtividade, já havia transporte interno sobre carris e até à lavaria:

“(...) vagões em todo o sítio [Valdarcas]. Punham nas vagonas que levavam 1000Kg de material e eram guinchadas do 4º piso para cima. Eram guinchadas naquele tal guincho, naquele plano inclinado, que vinha sair no socavão para fora. No fim do socavão havia outro guincho – tem lá uma casinha (...) Outro guincho que vinha até cima enganchado numa gramine, quer dizer uma locomotivazita, levava 8 vagões, às vezes, ia até à lavaria que ficava lá longe.” (V1).

“Vinham do subsolo os vagões, subiam no guincho para aquela casinha - ali era o guincheiro - eram os vagões que traziam pelo socavão fora e que vinham empurrados pela gramine que era a gasóleo e não podia ir lá dentro. Era tudo empurrado à mão até sair cá para fora. Depois cá fora é que havia os guinchos e lá dentro também havia um guincho num plano inclinado que era eléctrico, porque a electricidade entrava por lá a dentro. Os vagões iam até acolá à lavaria, daí saíam do guincho, onde tem aquela casinha e iam todos enganchados, numa gramine por lá fora e eram todos virados numa grade, uma grade assim larga e o miúdo caía todo para baixo e o grande ficava em cima e dava-se uma marretada, com uma marreta, que havia ali sempre um homem, mesmo para ajudar a virar os vagões. Dali é que ia para os moinhos e caía para o britador.”

[Mais recentemente, já nas décadas de 70 e 80 do séc. XX] “(...)a melhor máquina era a paliadeira, foi a última máquina que lá apareceu [Valdarcas] e a melhor! Não tinha avarias quase nenhuma... Lá arrebentava uma mangueira, mas tornava-se a emendar...” (V1).

As explorações a céu aberto com maior envergadura ocorreram neste período: “Havia lá [Cerdeirinha] duas máquinas catapilares, que era o melhor que havia em máquina catapilares de arrasto, a carregar as camionetes e vagões.” (V1).

Quando o **desmante** era **manual**, as ferramentas utilizadas eram em geral produzidas e reparadas localmente. Em algumas concessões existiam forjas e mesmo serralharias rudimentares. Entre as ferramentas mais comuns, incluíam-se as picaretas, “*guilhos, martelos e martelões...*”:

*“E eu agarrava num martelo e numa broca e zás, zás, zás...” (C1); “Picareta, marreta, brocas, eram compradas aqui na terra, nos ferreiros daqui [Vilar de Mouros]. E os aguços para aguçar as ferramentas eram na oficina, geralmente na oficina Fontes [Vilar de Mouros]” (C8).*

Em determinados depósitos, eram aplicados **explosivos** no desmante. Entre os Entrevistados, registaram-se testemunhos da utilização de explosivos desde a década de 30 do séc. XX:

*“Eles [trabalhadores por conta própria] partiam o filão, o filão estava num penedo, mas ia por aqui fora e a gente com uma marreta e com ponteiro ia escavando... quando não se podia metia-se um taco – chamamos-lhe taco a um tiro - chegamos-lhe um daqui, outro daqui, outro dacolá e tal: levantava aquilo e depois era à marreta e ponteiro.” (C6).*

*“ [desmontava-se] sempre a seguir o filão, sempre a bater no filão a fogo. Quando chegava a rijo [encaixante mais coerente] que a picareta já não dominava, era a fogo. Não havia outra alternativa senão de seguir o filão”(C8); “As paredes resistiam, era com escoras e nunca nenhuma cedeu!” (C9).*

Em algumas explorações, o desmante era facilitado pela natureza branda dos filões e das rochas encaixantes. Este facto foi mais vezes mencionado a respeito de minas dedicadas ao estanho. Associado a este facto, mencionava-se também a **perigosidade dos trabalhos** nestas condições, com abatimentos frequentes e dificuldade em estabilizar as escavações:

*“Nem nunca demos fogo nem nada – era tudo pá e picareta – aquilo ali [Balouca] era assim tudo” (B1).*

*“Era tão mole e farinhosa a mina [Mata de Vila Mou], que estava sempre a esbarrancar-se [aluir]!” (VM2).*

[A **iluminação**] *“era a carboneto em baixo, só a galeria é que tinha luz até ao guincho, o resto era tudo às escuras. Trabalhava-se com gasómetros de carboneto. Mas o socavão tem 138m, desde dali da boca até ao filão tem 138m!” (V1). “Não tinha nada luz, e eles iam trabalhar de noite... aquilo era aberto. A luz de carbureto, era quando iam trabalhar de noite.” (C1).*

As concessões com maior orientação técnica incluíam já **infra-estruturas mecanizadas e electricidade** na lavaria e em alguns pisos subterrâneos. Entre os testemunhos recolhidos, pode afirmar-se que este investimento se iniciou na década de 30 do séc. XX:

*“Começaram a mecanizar já foi mesmo na altura da guerra [1939 - 1945], já eu tinha saído da escola, tinha os meus 12 anos, já eu vinha a ajudar com os bois a carregar os materiais (...) Quando mecanizaram com os compressores já havia vagonetas até às galerias, pelo menos saídas em baixo, via passar as vagonas que carregavam dentro. Que depois, mais tarde, vim a ver os locais aonde carregavam; quando fiz a limpeza para reactivar a mina [Monteiro]. Havia um socavão, que é uma espécie de bifurcação, uma abertura que ligava de cima a baixo. Havia 2 galerias, uma superior à outra. As galerias de cima faziam a terra e viravam para baixo onde havia as vagonas” (CM1).*

*“(...) ali [Monteiro] passava assim, havia a mina do fundo, havia outra mais por cima e outra ainda mais por cima (...) Nos outros [andares inferiores] usava-se um guincho. No primeiro [andar] eram umas vagonetas que se entrava naquele socavão de baixo, onde foi tudo sacado. Fizemos a mina e depois fomos tirando a subir” (CM1).*

[A exploração] *“em Valdarcas era feita assim: metia-se o fogo até chegar ao filão, o filão aparecia-nos acolá atravessado, quando topávamos o stock do minério, que era o filão sem seguimento, começávamos a explorar – os marteiros tangiam com aquelas muletas de 45Kg com o ar. O marteiro só tangia e furava, não carregava, estourava e*

*caía material para baixo. Ora o marteleiro deixava ficar aquilo e não íamos buscar aquelas massas para o marteleiro subir mais alto sobre elas. Não havia escadas, o material é que caía a baixo e ele ia subindo em cima do material. Quando ele chegava ao tecto ia para a frente, deixar outro tecto com 2 m. Conforme ele ia andando para a frente, também íamos andando atrás dele a tirar as massas - os desmontes eram feitos assim. A arrastar o martelo, a arrastar as mangueiras, ele e o ajudante iam e furavam (...) quando o marteleiro chegou ao fim do stock - que se deu aquilo por acabado - então é que se sacou tudo. Ia a tal paliadeirinha e enchia para os vagões e despachava aquilo tudo!” (V1).*

*“Nós explorávamos aquilo [4º piso de Valdearcas] com duas bombas de água a trabalhar, sacava-se a água para cima, para o socavão e juntava com a que vinha de cima e ia para fora, para o rio [Coura] (V1).*

*“(…) no 4º piso descemos com o plano inclinado em cima do stock e o que explorávamos vinha enganchado num guincho que há lá dentro e os vagões de toneladas vinham enganchados por ali a cima. O plano inclinado tinha linha dos vagões à mesma e o vagão, conforme vinha dacolá das galerias lá de dentro, pousava aqui num disco, o disco inclinava - os homens que vinham a puxar ao vagão inclinavam-no e enganchavam-no ao guincho e lá ia o vagão para cima e saía cá cima, pegava nele a gramine que saía com ele cá para fora para subir no outro guincho e chegar à lavaria. Levava umas voltas, cada vagão levava muito tempo para chegar à lavaria, mas a exploração era assim” (V1).*

*“Na Cerdeirinha eram as catrapilares que carregavam as camionetes, era a céu aberto. As camionetas entravam por lá a dentro e lá havia a catrapilar que fazia aqueles estradõezinhos e depois o marteleiro furava, a catrapilar enchia e botava para as camionetes. (...) Também era assim na Fervença, entrava a catrapilar dentro, era a céu aberto e era rico” (V1).*

Em **abordagens mais rudimentares**, intervinham poucas ferramentas, o trabalho não era contínuo e poucas vezes se atendia a questões de segurança:

*“Aquilo [trincheira da Balouca] no fundo alargava, era quase assim uma sala, alargou muito. Só fizemos, parece-me, um patamar cá em cima, de resto ia todo por lá abaixo. (...) subíamos pela corda (...) íamos dentro do caixote por lá abaixo, um ia dentro e outro ficava no sarilho, e depois ia arrastando o caixote. Porque o buraco até não era muito bem aprumado, ia assim um bocadinho de lado, para baixo, ia um bocadinho inclinado. Deixávamos uns cabrestos na largura, até deixamos dois ou três aqui em cima, era aquelas colunas que se deixam que não escavamos para segurar as paredes - tínhamos 2 ou 3” (B1).*

*“Eles [trabalhadores por conta própria] conforme estavam ali, punham um farrapo debaixo, assentavam-se ali, tiravam ali, iam para o fundo e tiravam ali muito minério” (C1); “(...) aquilo [no desmonte] rompia-se sempre, o que é, era a fogo. Usava-se pólvora, fazia a gente a pólvora com salitre e enxofre ... Até era proibido lá. (...) Ao botar o fogo, também saía aquele pó: um [trabalhador] era com uma marreta, outro segurava a pólvora” (C2).*

*“(…) depois era preciso escorar. Escorar é pôr umas escoras para acolá e outras para aqui, para aquilo não cair para cima da gente ...” (C6). “Até ali abaixo [poço com 10m] seguiam o filão a direito, mas depois ainda viravam para o lado... Eles iam era atrás sempre do filão, do dinheiro... o minério era preto. Havia o filão que era todo minério...” (C3).*

*“Lá [Balouca] era quando calhava, não era certo, aquilo hoje íamos, amanhã íamos para a lavoura e já não íamos, depois no outro dia lá íamos outra vez (...) em Monteiros é que havia gente que trabalhava por horários, eram 3 turnos, trabalhavam uns até às 4, das 4 à meia-noite, da meia-noite às tantas.” (B1).*

### **Subcategoria 2.2. Organização dos trabalhos**

O **planeamento**, quando existia, era feito de forma **empírica**, segundo a experiência de cada um, por tentativa e erro, em lavras ambiciosas, exclusivamente sobre o depósito:

*“Era assim: aquele que queria dinheiro ia pedir a terra e lavrava-a, depois ia a receber o dinheiro que era para ele.” (C1); “A organização era assim: a gente ia para lá e abria um buraco - furava alguma coisa, continuava, se não dava nada, tinha de ir ali para outro lado” (C6).*

*“(…) Nem os patrões estavam sempre lá [Castelhão] (...) e se não desse iam abrir outra. Enquanto tivesse minério iam sempre. Depois, em acabando, abriam outra.”(C4); “(...) onde eles topavam o filão, juntavam-se a escabuchar (!) e se o buraco tivesse filão eles eram capazes de se meter lá, como um rato, para ir buscar o filão, não se importavam de alargar para poderem trabalhar à vontade, sem haver acidentes, sem coisa nenhuma, eles só queriam saber das migalhas pretas” (C9).*

*“(…) trabalhava-se [desmorte] uns poucos de dias e depois arranjávamos um carro de vacas para levá-lo à beira do regato e depois até ia a minha irmã lavar essa terra e a irmã desse tal João que morreu. Recordo-me que aquilo nunca era certo, às vezes deixava mais quilos, às vezes menos” (B1).*

*“(…) se a quantidade de minério que me pediam [da Sede da concessionária] era muita e o tempo era pouco tinha de pôr o pessoal na frente que era a mais rica e tirava-os dos sítios que eram mais pobres (...) Descia para a mina e andava lá com eles. Deixava-os e vinha dar a volta por tudo, vinha até à lavaria, ver se estava a dar muito minério – e se estavam a dar mais ou menos deixava andar, se estava a dar pouco eu ia ao pessoal e mudava 2 ou 3 daqui para acolá e punha aquilo a dar mais rendimento” (CM1).*

*“Eu trabalhava de forma diferente: as minas eram antigas, abancavam-se [abatiam] e a terra que ia para o socavão mandava-a analisar todos os dias manualmente. Era lavado 10Kg de terra, era-me entregue o minério, sem secar, depois de apurado à mão eu fazia o meu cálculo: secava-o, apurava-o mais, tirava-lhe as areias, aquilo tinha sempre umas areias finas e eu fazia o meu cálculo. O homem que fazia aquele serviço ia buscar a terra, mas era eu que a pesava, mais tarde até confiava nele a pesagem da terra e ia lavá-la numa espécie de canal, com uma enxada, de forma manual, lavava ali, apurava numa gamela de madeira e entregava-me aquilo. Eu é que ia secá-lo (...) pesava-o, sabia quantas vagonetes estavam lá viradas dentro, sabia o rendimento que estava a tirar, porque todos os dias era analisado e defendia-me assim. Mas não havia traulhice enquanto fui o responsável. (...) E quando chegava ao meio da semana, se visse que o rendimento era pouco, porque só tinha direito a receber uma semana, e na semana das despesas tinha de cobrir. Então ia nas minas antigas, que tinha sido tudo pesquisado, às zonas que sabia que davam mais, e íamos buscar, o que nos fizesse falta para fazer o equilíbrio - ia buscar dentro 1, 2, 3, 4 vagonas de  $\frac{3}{4}$  de metro, o que eu calculasse. Se não, eu tinha que dobrar o serviço das folhas, que eram feitas por mim, à mão. (...)” (CM1).*

Em determinadas concessões, mais importantes e com lavras mais contínuas e persistentes, o **planeamento seguia orientações técnicas**, indicadas pelos directores técnicos, de que são testemunho os Relatórios dos Trabalhos Realizados, no acervo documental da mina.

*“Os desenhos também se iam buscar à Direcção Geral de Minas.(...) e seguíamos aquilo (...) porque eu tinha de caudiar (?) o pobre com o rico. Assim mandava o Sr. Eng.º Cerveira, o Eng.º das Minas. (...) quando a Cerdeirinha ia lá lavar, eu dava aquela volta à mesma. A Cerdeirinha era rica, a Fervença foi rica também. Ai, já não me importava, o material vinha conforme o Sr. Eng.º da Direcção Geral de Minas me mandava: o pobre com o rico, o rico com o pobre, chegava cá cima e ele já caudilhava(?)” (V1).*

Nestas concessões os funcionários tinham tarefas bem definidas e as remunerações eram acordadas mediante a tarefa. A responsabilidade sobre uma máquina ou mecanismo – martelo ou compressor, circuito de lavaria, guinchos – comprometia o funcionário perante um plano ou objectivo de produção ou desempenho:

*“Ao princípio tinha a folha para apontar o dia, mas agora por fim já conhecia os fulanos, o nome deles. E eles já sabiam de uns dias para os outros qual era o emprego deles, lá iam certinhos. Eu tinha de os distribuir pelas tarefas” (V1).*

Respeitava-se determinado **horário/calendário** para trabalhos específicos, como a utilização de explosivos. Os “relevos” de trabalho, eram apenas designados em concessões com maior orientação técnica e geralmente quando existia uma lavaria que dependia de um aprovisionamento contínuo a partir das frentes em lavra. Os pagamentos nessas condições eram realizados semanalmente:

*“o fogo dava-se sempre quando a gente vinha embora. Toda a gente saía e é que se dava o fogo. Vinha-se cá cima, gritava-se: fogo, e todos saíam da mina [Castelhão]” (C2); “(...) todos os sábados se escorava a mina” (C2).*

*“A Companhia [Castelhão] é que tinha lá umas caixas, que a gente ao fim do dia ia botar lá as pedras. E depois de algum tempo é que era masgado [esmagado] – parece-me que isso era ao sábado?” (C3).*

*“Eu só trabalhava de dia, a lavaria [Valdarcas] é que trabalhava toda a noite. Agarrávamos às 8 da manhã” (V1).*

*“Trabalhava-se 24 sobre 24h, todos os dias; o capataz [Monteiro] que pegasse à meia-noite, era das 8 às 4 e das 4 à meia-noite; o que pegasse no sábado à meia-noite, ao domingo tinha que assistir à limpeza da lavaria e reparações de máquinas” (CM1).*

*“A folha era pelas feiras de Ponte de Lima, quer dizer, era pelas semanas. A folha que ia para baixo [Sede da concessionária, em Arcozelo] era ao mês e se eu não tivesse dinheiro que chegasse, eles não mo davam da outra semana, tinha que dar o que tinha. Ora tinha que fazer uma folha de contas” (CM1).*

### **Subcategoria 2.3. Técnicas de tratamento do minério**

São referidas **estruturas peculiares** adaptadas no **tratamento do minério**. Um caso exemplar é atribuído a Castelhão, ao que se designa localmente por “pias”, ou, como foi referido noutros estudos, por “talhas” (Lima, 1996, 2006; Lima *et al.* 1999). Estas infra-estruturas, escavadas sobre uma pequena cumeada granítica, revelam o carácter peculiar empregue nas diversas tarefas de tratamento do “*tout-venant*”. Porventura serão os vestígios que revelam uma maior adaptação de técnicas de tratamento ao próprio local da mina e da organização da actividade extractiva:

*“As pias não estavam lá antes [da exploração], eram só umas lajes. Era ali que se lavava, por ali. Eram as pias para apurar.”(C1); “As pias foram [feitas] porque aquilo esmagava-se lá numa laje, mas o minério fugia, para os lados. E então a Companhia mandou fazer aquelas pias e fizeram uns pisões de ferro aqui num ferreiro – no Fontes. E depois esmagavam dentro daquelas pias com os pisões de ferro.”(C2); “A caleira era nossa [trabalhadores por conta própria], nós tínhamos um rodo e lavávamos nas caleiras com um rodo, e a caleira que chegava daqui acolá [cerca de 2m] nós lavávamos ali, zás, zás, saía aquele minerinho e o resto saía com a água e o arsénico também saía.”(C1); “Aquelas pias, corria lá um fio de água e tinham uma coisa de madeira, tinham uma bica e as mulheres com uma enxada lavavam, lavavam, lavavam para a terra sair (...) Chamávamos nós a lavaria, as coisas de lavar era a lavaria, de madeira...” (C3).*

*“O que saía em pedra era esmagado com uns pisões, naquelas ditas pias que lá se encontram ainda... Nessas pias foram feitas, mandadas fazer pelos patrões porque havia que esmagar esses seixos que era onde estava agarrado o volfrâmio, era esmagado e depois era lavado ali...” (C9).*

*“As caleiras eram de madeira de pinho para lavar – o minério era mais pesado, a água ia esgrudando e o mais pesado ficava para trás” (B1).*

*“E então depois que se comprou essa mina [Cerdeirinha] às minas da Borralha era explorado nas camionetes e lavado lá em baixo naquela lavaria [Valdarcas]. Mas antes disso, no tempo do Gaspar Queiroz [MINARGA, 1954] era aquela lavaria que está à boca da mina, cá em baixo [lavaria da Cerdeirinha], abaixo daquelas casinhas. Que agora está tudo caído abaixo, que aquilo era só assim, coberto com zinco.” (CM1).*

As **técnicas de tratamento** na sua generalidade eram **rudimentares**, ora em caleiras ou *sluices*, bacias e alguidares, ora em engenhos mais ou menos mecanizados, mas dependendo do trabalho manual:

*“Depois aquela terra que ficava, nós [trabalhadores por conta própria] rapávamos com a mão assim (..) e tirávamo-la para fora e lavávamo-la (...) muitas andavam à terra, aquela terra que a gente tirava ainda era riquinha. Ainda iam lá muitos aproveitar e lavavam e ganhavam bem. (...) Aonde se tirava o minério ficava sempre umas pintinhas de minério. E a gente deitava a terra fora e as mulheres apanhavam-na e lavavam-na numas bacias (...) não podiam deitar água assim com muita força, se não, ia-se tudo embora...” (C1).*

[O tratamento] “era a lavaria e era o forno para queimar o minério. Porque o minério tem muito enxofre. Havia, o que era enxofre, era o arsénico. E depois queimavam isso para separar. O forno queimava isso” (C6).

“Quando passavam aqueles carros de bois carregadinhos da mina [Vila Mou] para o regato [Ribeira do Fulão] sempre deixavam cair aquela terra e nós íamos e limpávamo-la todinha e íamos lavá-la para ganhar uns troquinhos! Devia ter aí uns 7 ou 8 anos, éramos todos por essa idade!” (VM2).

“(…) o minério vinha das minas, a gente trazia um caixote por aí acima. Eram uns caixotes de madeira, aquilo pesava muito! E as mulheres com marretas partiam aquelas pedras: aquilo que estava limpo já era separado – pedras de quilo e mais. E muita coisa de esmagar com esses pesões. Aquilo ficava praticamente em pó e era isso que era botado nessas caleiras e a terra ia indo, ia indo, ia indo, passava nessas caleiras e quando ficava - o que ficava - era tudo minerinho. A terra ia indo, elas agitavam sempre com as mãos: uma aqui, outra acolá, a fazer assim...” (C9).

“Havia os pesões com que os homens esmagavam. As mulheres lavavam o pisado.” (C6).

As oficinas de tratamento maiores, mecanizadas e automatizadas, eram poucas. Designavam-nas de oficinas de reparação mecânica ou **lavarias mecânicas**. Eram montadas segundo diagramas de processamento do material, afinadas em fases de ensaio em oficinas-piloto. Estes protótipos são referidos pelos Entrevistados. A laboração requeria uma manutenção contínua por parte de carpinteiros, ferreiros e pedreiros.

De todas as lavarias referidas é a de Valdarcas que suscita descrições mais pormenorizadas, atendendo quer à natureza dos materiais processados, quer às adaptações introduzidas para lidar com problemas como a elevada cominuição, o contraste de materiais processados e as gangas muito densas, por exemplo, ricas em sulfuretos, e não susceptíveis de separação hidrogravítica:

“Havia aquela grande lavaria [Valdarcas]: nós despejávamos a terra e a pedra, em cima onde havia os britadores; tinha, a seguir aqueles peneiros, depois o moinho de rolos e depois do de rolos tinha o de barras. Depois do moinho de barras, aquilo que botava fora era peneirado e levado num elevador outra vez, para vir para baixo, outra vez no moinho, ia no elevador. Quando saía das mesas de baixo, que havia 7 mesas em carreira, dali o minério vinha para umas outras 3 mesas mais abaixo. Vinha numa vagonetinha pequeninha, passava pela oficina do ferreiro e ia para o saco e o saco ia para Inglaterra” (V1).

“Por cima vinham os vagões grandes, de toneladas, e despejavam na britadeira e depois cá em baixo saía o minério nas mesas, para aquelas onde tinha a separadora e os fornos com chaminé. Lá, numa vagona de 250 Kg, que já era o minério puro, conforme saía das mesas, aos fornos, ia aos peneiros e era purificado. E só depois é que ia para o saco.” (V1).

“Na lavaria [Valdarcas]: havia, o que nós chamamos uma torva, em cima tinha velhos carris do comboio, o que vinha directo da mina era virado ali, havia um homem que ia desviando para o lado e fazia passar as pedras depois à marreta – isso era à mão – para o britador. O britador tinha dois peneiros e havia dois moinhos, um de cada lado. O que era fino já ia na água, havia uma torneira de água (...) Do britador ia aos moinhos e desses moinhos, chegaram a montar outros: havia 2 moinhos: um de bolas e outro de barras – leva 800Kg de material dentro, aquilo é uma espécie de betoneira, qualquer deles, um é um cone, como a betoneira, e o outro não é, o de barras é com cilindro. Tinham uma espécie de caracol, aquilo vinha, quando a água caía numa pia, da peneira para o moinho, e esse caracol passava e engolia, do outro lado tem um tubo e portanto aquilo sai só lama, junto com a água” (V1).

[O transporte] “era tudo por correias de transmissão, não era com motores eléctricos. Quer dizer, à força de andar tem de sair do meio da máquina para fora, outra vez para o cano” (V1).

[À lavaria] “chegava [minério] da Fervença, 40 ou mais vagões, vinha [também] da Cerdeirinha, 40 e tal camionetas e mais o de Valdarcas; se a Fervença não trabalhasse, nem a Cerdeirinha, eu com 12 vagões [de Valdarcas] abastecia a lavaria, porque demorava muito tempo a chegar lá baixo às mesas, trabalhava o moinho de barras, a pedra era dura – aquela pirrotite, aquela perite era dura e claro era duro de se despachar” (V1).

*“Aquilo que vinha da Cerdeirinha e da Ferverça era mole, eram jorras moles. Jorras moles que entravam e saíam e aquilo abasteciam muito. Mas também andavam muito carregadas e despachavam muito. Aquilo a gente deixava em cima e daí a um bocado já estava cá em baixo nas mesas. Ao passo que o lá de baixo [tout-venant de Valdarças] era pedra e aqueles moinhos viam-se perdidos com a pedra!” (V1).*

*“(…) para [o material] da Cerdeirinha chegaram a meter peneiros nesse moinho [de bolas], mas depois tiveram de os tirar. Dava mais resultado montarem em baixo umas mesas de desbaste ou vibrantes – mesas que não levavam mais nada. O martelo é bom e dava um grão grosso mas aquilo que vinha daqueles moinhos era muito fino, então tiraram-nos fora, e montaram-se, mais abaixo, para tratar areias finas” (V1).*

*“Com o ácido era antes de entrar para o saco, que ainda havia o que não se separava com a água. Isso era naquela lavariazita aqui em baixo, junto ao ferreiro... Era uma gamela grande e era quadrada. E botava-se ali para dentro com a pá o xantato, o ácido e amassava-se com as pás... Aquele bocadinho era manual era só o que havia de manual porque era pouca coisa desde que comecei a trabalhar lá que aquilo existia assim... Do ácido ainda ia às mesas, para tirar aquilo que o xantato queimou e que o ácido queimou e para tirar aquelas perites e depois dali, é que ia aos fornos secar. Havia 2 fornos grandes. Depois é que ia para o saco” (V1).*

*“Em 1958 já comecei a trabalhar em Santa Rita [Mina de Santa Cristina] que já pertence a Romarigães. Ali aquilo não deu, mas fizemos ainda a montagem de uma lavaria, com 3 mesas, 2 de básculas e 1 de apuramento” (CM1).*

#### **Subcategoria 2.4. Riscos e acidentes de trabalho**

Nos diversos relatos, às actividades mineiras, sobretudo as mais rudimentares e baseadas em mão de obra intensiva, são associados problemas de segurança e integridade dos trabalhadores. No entanto, a **consciência destes riscos** não foi muito expressiva no conjunto das entrevistas. Da mesma forma se constatou alguma **negligência nas condutas** testemunhadas:

*“Ultimamente [anos 80, séc. XX, Mina de Valdarças] dava-se fogo ao meio-dia e à noite e ao vir embora, às 5h. Mas ao princípio, enquanto aquilo não estava lá muito longe dentro, que havia o bom oxigénio, para limpar o tufo, dava-se fogo a qualquer hora, mas depois não dava, não aprovava. As pessoas não conseguiam respirar e davam aqueles desmaios e tinha-se de trazer cá para fora. Mas eram só os que estavam logo à frente que apanhavam aquele tufo, não sei como se chama àquilo, aos desmaios” (V1).*

*“(…) dali a 5 minutos [depois de sair], aluiu a mina [galeria em Castelhão], aluiu! Eu ia ficando lá debaixo e ela, a minha patroa e o homem... Aluiu porque a coisa ia assim... [subhorizontal] não morremos, porque saímos a tempo. Mas nós a subir, a dar o último passo e aquilo a ir ao fundo... O balde também já tinha saído com minério. Parece-me que os meus patrões já não quiseram ir mais para lá...” (C3).*

*“As minas eram muito fundas e eram autênticos labirintos... Uma vez, aquilo usava-se gasómetro de carbureto e quase que não havia ar para trabalharmos. Resolveram unir uma mina do lado... depois até assobiava... o vento passava ali e assobiava com força...” (C6).*

*“Havia algum problema na respiração. Era o pó que havia, que fazia mal. Lá [Castelhão] alguns queixavam-se daquele pó (...)” (C2); “(...) essa mina é que era muito perigosa [Castelhão, socavão principal], mas aquela ambição do dinheiro, aquilo era um buraco assim... enorme e depois fazia assim... e assim... e aqui fazia a mesma coisa. Havia uma espécie de um morro de terra, e nós dávamos fogo e fugíamos por ali e íamos ter a outro canto. E o fogo arreventava, eram só 4 ou 5Kg de cada vez. Eram só tirinhos pequeninos, para as minas tem que ser assim...” (C6).*

*“Arreventou-nos uma vez uma bolsada de água no 4º piso [Valdarças], mas não estava ninguém a trabalhar, foi de noite, até os carris do vagão levantou... saiu por aquela mina fora, pelo socavão fora. (...) Nesse 4º piso, em baixo, [se tivesse surgido em período de lavra] afogava tudo, porque não tinha por onde sair. Se fosse numa galeria cá em cima saía logo pela boca fora (...)” (V1).*

*“Não queriam máscara, arrumavam com ela e arrumavam com o capacete [Valdarças]. E eu não me importava e, ultimamente [anos 80], o Sr. Eng.º Cerveira, o da Direção-Geral de Minas, que ia dar volta, acompanhava aquilo, também já não se importava, mas era obrigatório!”*

No decorrer das entrevistas eram comentados os perigos, os riscos e a ousadia ao enfrentá-los. O indicador **registo de acidentes** foi pouco expressivo, assim como a referência à ocorrência de acidentes mortais:

*“(...) a mim é que me racharam uma vez a cabeça, um vizinho, com uma pedra, veio a rolar e bateu-me na cabeça e fiquei um bocado moribundo... mas, que me lembre, não havia acidentes maiores.”(C2); “Não me lembro de que houvesse grandes acidentes, o meu pai teve um acidente, que se estava abrir um furo para dar fogo e a marreta desencavou-se e foi-lhe bater na testa.” (C6); “(...) graças a Deus, nunca houve acidente nenhum. Nunca morreu lá [Castelhão] ninguém, não houve nada. (...) Ai era perigoso, porque era muito fundo...” (C4).*

*“(...) morreu lá o filho de um patrão, andava numa galeria dessas. Não a escorou, caiu uma pedra e matou-o. Foi o único [em Castelhão].” (C2); “(...) vieram cá com o camião para levarem o material e o rapaz, moço – diz que tinha para aí 16 ou 17 anos, disse: eu vou à galeria 1 apanhar um punhado de minério para mim. Deixaram-no ir e foi. Nunca mais saía, e quando foram ver, tinha caído um pedaço de terreno em cima dele e morreu lá” (C6).*

*“ [na trincheira da Balouca] (...) ele tinha uma corda à cinta e punha-a aqui ao meio do pé, para não cair para baixo e quando aquilo desabou e ele veio deitar a mão à nossa corda, aquilo vinha num caixote, mas consoante desabou aquilo o caixote ficou entalado com a corda, foi assim por cima de uma orelha, foi uma pedra (...) mandei-lhe o picareto a cima, que ele tinha deixado cair e ia assim a recuar uma perna – aquilo desancou – matou-o redondo logo! (B1).*

*“Na Cerdeirinha, antes de ser da Geomina, morreu lá gente. Na Lapa Grande, umas mulherezinhas, ainda aquilo não tinha concessão – era o pilha – meteram-se a sacar por baixo, com uma lata, por baixo do penedo e abafou-as.” (CM1).*

### **Subcategoria 2.5. Técnicas de prospecção**

Na categoria de planeamento mineiro, as **técnicas de prospecção** constituem uma subcategoria de menor expressão no discurso dos Entrevistados. Estas técnicas eram associadas, sobretudo, à observação e **detecção de ocorrências aflorantes**:

*“Foi descoberto [minério de Castelhão] por uma Senhora – chamava-se Dalila – que foi ao mato, para aquele local e que deu com uma enxada num seixo e o seixo partiu e o interior do seixo era preto, era negro! Mostrou a um rapaz de Argela chamado o Infante, e ele reconheceu que era volfrâmio. O volfrâmio ainda não tinha aparecido ali antes, mas ele, não sei porquê, já o conheceu” (C6).*

*“Era onde se via um filão, que era um veiozinho branco. E depois procurava-se ali. Via-se à superfície, dentro da pedra, depois ia-se acompanhando aquilo.”(C2); “(...) vimos lá [proximidade de Castelhão] um filão largo, fartámo-nos de trabalhar e nada... houve um fulano qualquer que botou para lá uma pedrinha de volfrâmio e nós topámo-la e, alto: aqui há minério! Fartámo-nos de trabalhar e não topamos nada, aquela pedrinha foi botada lá para enganar os camaradas” (C2).*

*“(...) eles [trabalhadores por conta própria] detectaram logo cá cima, à superfície, e depois foram por aí abaixo. Apercebiam-se dos filões logo à superfície da terra, chegava-se a cavar a terra lá num sítio e lavar aquilo e era minério – saía às pedras assim [tamanho de um dedo]” (C9); Procurava-se à superfície, e ele mostrava-se bem... (C1, C2, C4, C6, V1, B1).*

*“...aquilo vai numa carreira de pedra russa e começa a escavar-se naquela terra e bota na gamela de madeira com umas asinhas (...) e íamos assim com uns alguidarzinhos e começávamos a ver aquelas areiazinhas pretas e a gente apanhava uma pouquinha de terra e ia e lavava. Lavávamos em baixo no regueiro [Balouca]” (B1).*

O **levantamento sistemático de ocorrências**, bem como **sondagens**, foram técnicas de prospecção e pesquisa mais tardias. Algumas acções que se tivessem realizado, na sua maioria, não foram valorizadas pelos Entrevistados:

*“Às vezes aparecia por ali [Castelhão] um homem com uma vareta, com uma coisa qualquer” (C2).*

*“(..) quem nos mandava abrir por aqui era o Eng.º, porque havia um stock de minério, aquilo estava tudo pesquisado pelo Eng.º. Aquelas pesquisas – os furos, aquilo era a Direção-Geral de Minas. Nós [GEOMINA, 1979] não mandávamos fazer.”(…) Talvez fosse o Eng.º Rocha Gomes que dirigisse as pesquisas. Mas ali [Cerdeirinha] não havia hipótese de abordar aquele minério, fez-se uma pesquisa de 86 m. Aquilo era uma coisa muito rica mas só tinha 60 cm. A broca furou, furou e tirou a amostra e deu muito rico. Mas para explorar não pagava e tinha de ser a céu aberto porque ali não dava de outra maneira, as galerias não chegavam lá” (V1).*

*“Em Valdarcas o stock é rico. E segundo as sondas do Estado o minério daquele stock vem ao nível da estrada, cá em baixo [EN301], até àqueles campos. Vem mais ou menos ali, porque depois vêm os granitos de Covas que descem para cá [lado Este da Serra] e o filão, o nosso stock, ia assim ... e aqui ao juntar-se fechou – os granitos cortaram-no – dizem que era assim, a engenharia dizia que era assim e eu acredito” (V1).*

*“Os [Eng.º] que pesquisavam lá [Mina do Cavalinho] eram os mesmos que iam daqui [Mina de Monteiro], era tudo o mesmo, o director foi sempre o mesmo. O director do serviço chamava-se Fernando Machado Teixeira Ruela. Mas havia os outros engenheiros como ele, havia os que andavam a fazer o levantamento do monte” (CM1).*

### **Subcategoria 2.6. Trabalhadores e Tarefas**

As **tarefas dos trabalhadores por conta própria** distinguiram-se entre homens, mulheres e rapazes. Geralmente, as mulheres dedicavam-se ao tratamento, os homens à extracção e os rapazes apoiavam todos os serviços:

*“As mulheres não tinham ordem de ir para as minas, não tinham ordem, mas eu ia!” (C1); “As que trabalhavam era a lavar na terra que a gente tirava [trabalhadores por conta própria], na terra que se botava fora... E ainda ganhavam bem bom. As mulheres estavam mais na lavagem e os homens trabalhavam nas minas.”(C2); “(...) essas mulheres queriam trabalhar também, muitas iam trabalhar para lá. E depois, aqueles que tinham boa terra, davam a terra assim às pessoas que precisavam” (C6).*

*“(...) fui para lá com 9 anos; andava à terra para lavar, lavava as terras que saíam quando os mineiros picavam. Depois já era com martelo e picava como o mineiro. Haviam de ser 50 mineiros naquela altura, tudo picava!” (C6).*

Na **extracção propriamente dita**, as tarefas eram diversificadas. No entanto, os que se designavam de artistas, mineiros ou marteleiros, eram, geralmente, os que ocupavam lugar de maior destaque e mais remunerado, tratando-se de um funcionário da Companhia, ou, no caso de ser um trabalhador por conta própria, quem tivesse fama de descobridor:

*“Meu pai foi o maior descobridor [trabalhador por conta própria em Castelhão], a nossa era a mina mais rica, tiravam-se de lá pedras como braças de trigo, meu irmão é que o ajudava e mais éramos só nós [família] ” (C1).*

*“Havia os especializados [em Valdarcas]: os marteleiros, que só pegavam no martelo e que estavam na frente; havia depois os outros que carregavam à pá para dentro do vagão o que se espalhava, a linha [de carris] acompanhava sempre o marteleiro. Mas no topo da linha havia uma paliadeira que fazia muito - uma máquina com uma pá, quase como se fosse uma catapilar tocada a ar comprimido, que não podia ser outra coisa e aí enchia e depois passava por cima dela com aquela pazada com força e despejava no vagão que estava enganchado à máquina (V1).*

*“Os que arrebetavam o fogo [em Valdarcas] eram os mesmos marteleiros; havia mais frentes a trabalhar, havia mais marteleiros e cada marteleiro tinha a sua equipezinha, tinha os que iam com a pá, os que iam com a máquina e botavam para dentro do vagão, depois limpava-se aquela frente que podia dar aí uns 7 ou 8 vagões (...) E enquanto a paliadeira ia para acolá limpar a outra frente, o marteleiro desta frente, que já estava limpa, ia ele mais o ajudante fazer o fogo, para a arrebetar outra vez e para ir outra vez a máquina...” (V1).*

*“Inicialmente, em Monteiro, havia trabalhadores que andavam em certas galerias que eram pequenas a tirar o material com carrinhos de mão, que eram de madeira, muito pesados. Em galerias principais era com uma espécie de vagões. Nas frentes, estavam os artistas, já era um mineiro. Quando isto começou até uma certa data, eu não conhecia o interior da mina [Monteiro], mas sabia que era assim porque ajudei a trazer o material para lá: grandes compressores em peças. Em 44, 45, começaram a vir os compressores, a dar ar comprimido, já se faziam trabalhos mecânicos (CM1).*

No **tratamento do minério**, em minas mais rudimentares, as mulheres eram responsáveis tanto pela lavagem, como pela fragmentação do material trazido ao local de tratamento. Em concessões com lavaria, ainda que nela trabalhassem mulheres, já existiam capatazes e funcionários responsáveis pela produção e manutenção dos equipamentos:

*“Elas [funcionárias da lavaria de Castelhão] estavam num barracão que tinha o forno para queimar, e havia um barracão onde elas masgavam, havia umas pias em pedra e depois uns maços em ferro e elas estavam ali a partir o minério naquilo, as pias eram para essas coisas. (...) Uma era a minha mulher, outra era uma prima, uma que mora dacolá e outra que morava aí” (C9).*

*“A lavaria tinha capataz que dirigia aquilo. (...) As pessoas que trabalhavam dentro das lavarias, uns pavilhões cobertos a chapas de zinco, faziam a parte do trabalho exterior.(...) A minha função, quando entrei na MIPOLI, era ajudante de pedreiro. Depois fiz sozinho uma pequena lavaria, uma mesa vibrante à porta da galeria do pólo norte, no Cavalinho, que era só para ver, porque aquele minério ali não se aproveitava nada, não havia cá máquinas para o explorar a fundo e nem para o preparar (...) Fomos fazer uma montagem mais acima, já em Caminha, e nessa montagem fui eu que fiquei de tomar conta dela. Aquilo não deu para muito, fomos mais à frente, quase nada, os mesmos 3 meses, o mesmo motor, os mesmos rolinhos, os martelos. Estivemos ali algum tempo e depois parámos ali e fomos para Vitorino Piães. Andei a trabalhar ao martelo algum tempo, fazíamos desaterros, não havia retroescavadoras, era tudo manual: martelo, ar comprimido, pá e picareta. Quando a lavaria trabalhou tornei ao meu serviço como chefe da lavaria, era o capataz da lavaria” (CM1).*

### CATEGORIA 3. ABANDONO MINEIRO

O **abandono mineiro** inclui 5 subcategorias (Figura IV.6), nas quais se confrontam as lembranças do encerramento e as expectativas quanto a uma futura retoma. Nesta categoria também foi possível reconhecer estruturas remanescentes, indicadas pelos Entrevistados nos contextos produtivos em que foram realizadas ou adaptadas à mineração.

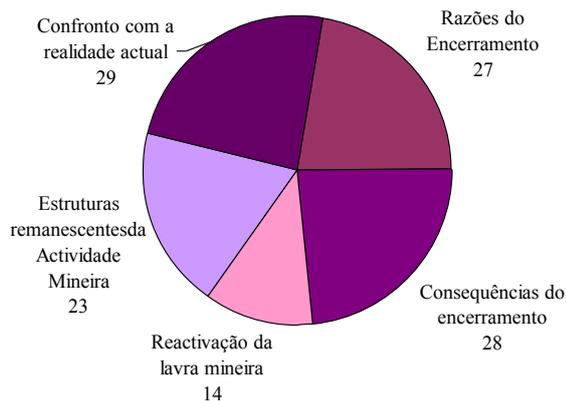


Figura IV.6. Abandono Mineiro

SUBCATEGORIAS	INDICADORES (frequência de ocorrências)
<b>Confronto com a realidade actual</b>	inconformismo pela obliteração de vestígios de lavra (13) perspectivas de novos investimentos na mineração (11) implicações dos vestígios e os novos usos de território (5)
<b>Consequências do encerramento</b>	ausência de estratégia de fecho (23) nostalgia de um espaço e tempo produtivos (2) empregabilidade posterior (3)
<b>Razões do encerramento</b>	baixa dos preços / baixa da procura pelo mercado (10) desinvestimento das companhias mineiras (6) esgotamento do recurso (6) limitações técnicas na exploração (3) desconhecimento de razões (2)
<b>Estruturas remanescentes da actividade mineira</b>	rego do viso (11) paiol (8) “pias” ou “talhas” de Castelhão (7) trincheiras da Balouca (2) cruz da Balouca(2) mina de Valdarcas (1) vendas de Vila Mou caminhos para as cruces de Santa Justa casas de Santa Justa lavaria - fundição-piloto de vila Mou
<b>Reactivação da lavra mineira</b>	razões da suspensão da lavra (11) reabilitação de acessos e infra-estruturas (3)

Muito embora a subcategoria “**Confronto com a realidade actual**” tenha sido mais salientada no discurso dos Entrevistados, se atendermos aos indicadores isoladamente, aquele que parece destacar-se é a “**ausência de estratégia de fecho**”.

### *Subcategoria 3.1. Confronto com a realidade actual*

O **inconformismo** face à **obliteração dos vestígios** de lavra mineira passada é um traço comum em todas as entrevistas. O vazio de comunicação ou transmissão entre gerações na observação do problema dos EMA poderá ser uma questão não resolvida e que gera nos antigos trabalhadores sentimentos de inconformismo sem que exista uma manifestação frontal:

*“O meu pai tinha uma mina [Castelhão] que agora está tudo arrasado... Agora acabou de vez, agora está tudo tapado, está a estrada [A28].” (C1); “A gente lembra-se sempre daquilo. Muito trabalho, pois. Ainda juntei algum” (C2); “Ainda havia lá há pouco tempo um pedaço de tijolo do forno, agora já não deve estar nada – tenho muita pena! (C6); “Quando lá passo lembro-me o que isto foi, por onde eu passei e o que isto é agora: não é nada!” (C8).*

*“Essa gente que para aí vem [Vila Mou] lá imagina a vida que aquilo tinha...” (VM2); “Íamos e vínhamos por esses caminhos sempre cantando, inda se descobrem esses caminhos [Santa Justa], mas já são poucos, vieram as casas novas, as estradas, tudo esqueceu o minério...” (VM1).*

*“Quando voltei para cá [Orbacém] parece-me que já ninguém havia daquele tempo e as minas aí eram bem fortes [Couto Mineiro da Aguieira]. Isso o povo rápido esquece o que custa muito a lembrar!” (VA).*

**Perspectivas de novos investimentos** em minas da Serra d’Arga não são consensuais entre os antigos trabalhadores. As posições dividem-se entre os que acham que “esse tempo” acabou, tal como o minério acabou, e os que acham que o minério está longe de ter sido esgotado e a retoma só precisa de uma razão forte para acontecer:

*“Se viesse outra guerra, como foi a última, claro, já ia tudo para lá [Castelhão] outra vez” (C2); “Há muito minério! Quem tiver muitos milhões... Eu era aí que os metia, porque sabe uma coisa que lhe vou dizer... aqueles filões que atravessavam uns nos outros ninguém se lembrava de ir à procura do outro que ficava para trás! Ninguém se lembrava de ir à procura do outro. Porque seguiam em cima dos que pareciam maiores... e os outros?!” (C8); “Para mim representa muita coisa: que se tivesse dinheiro aquilo era tudo explorado – como se fosse lavrado!” (C6).*

*“ali de cima [Balouca], há-de haver mais filões com muito estanho, que eu ainda acolá, naquela serra ali em cima [Formigoso], aonde minaram [ripagem da encosta para reflorestação] havia um filãozinho para aí da largura de dois dedos e a gente [grupos do pilha] consoante via um, com um ponteiro e um martelo ia tirando, aquilo era quase só estanho” (B1).*

*“Pode ser que ainda venha minério para pagar a mina, com outras explorações e num plano inclinado, que se vá lá [Valdarcas] (...) Na Cerdeirinha não há [minério] porque foi bem explorada. Na Lapa Grande também não há, também está bem explorada” (V1).*

Os novos usos de território motivam estrangulamentos ao aproveitamento dos recursos. Esta constatação está patente no discurso dos Entrevistados; contudo, não é clara a valorização que atribuem aos vestígios enquanto marcas históricas e culturais locais ou regionais.

*“Agora que passou a estrada [A28, Castelhão], não dá. Se não passassem naquele sítio... aquilo dava sempre, quanto mais se ia para o fundo, dava sempre pró volfrâmio, claro! Tinha sempre minério.” (C2); “Essas máquinas que andam lá agora é que podem encontrar outro qualquer vestígio. Até pode aparecer mais, agora que vão a outra fundura, a outro nível que não se ia naquela altura” (C6, C9).*

*“Hoje vê-se tudo silvado [Cumieria à Cabração] – isto há 40 anos [década de 70 do séc. XX], isto era tudo cultivado e no tempo do minério via-se era buracos, em qualquer sítio, nos campos. Estouravam com tudo! Hoje nem se descobre” (CM1).*

### **Subcategoria 3.2. Consequências do encerramento**

A **ausência de estratégia de fecho** foi uma das marcas mais importantes sobre o abandono das minas no discurso dos Entrevistados. O encerramento não se esperava tão célere e contundente:

*“(…) conforme estava assim ficou” (C1); “Aquilo ficou ao abandono. Tanto que depois roubaram tudo, tinha uma grande casa lá: primeiro levaram a telha, depois levaram os caibros, depois levaram a pedra. Alguma pedra até está ali na escola em Vilar de Mouros” (C2); “Deixou, abandonou [Companhia de Castelão]. Não fez nada. Ficou tudo aberto...” (C1, C2; C4; C6, C8; C9); “(…) as minas estão todas tapadas mas é com mato por cima... Só havia mato, o tojo, mas nunca taparam...” (C3).*

*“Foi o Sr. Faria [sócio da Concessionária de Castelão] que pediu ao meu marido para ir para lá, para botar um olhinho por aquela casa... Não mandou deitar a casa abaixo, nós estivemos lá, mas agora roubaram-lhe tudo... Foi pedra, foi tudo! Levaram tudo! Ainda antes de nós irmos para lá [Casa de Castelão], estava outro, estava outra pessoa, mas depois esse saiu... Era só por estar na casa, por consideração... não fazíamos nada” (C3).*

*“(…) ficou aberto tudo [Castelão], as galerias mesmo, ficaram abertas. O patrão disse: pronto acabou, não há mais trabalho. Cada qual foi para a sua terra. Não fez nada, encerrou e foi-se embora. Ficou tudo conforme se deixou...” (C1, C6).*

*“Não se fechou galeria nenhuma: está tudo pronto a andar [Valdarcas]! Só não se deve entrar no socavão, lá em baixo, porque ali a meio havia um mole explorado com 3m e de vez em quando deixava-se cair. E eu escorei aquilo, mas de vez em quando as escoras enterravam. Hoje não se deve entrar nesse sítio. Mas isso escora-se outra vez! Se conseguíssemos entrar por lá a dentro, está tudo impecável. É só pegar a trabalhar.(...) A mina na qual nós entrávamos pelo socavão é a que não se deve poder entrar nela [agora]. Também deve haver água, porque se aquele mole caiu, fechou a valeta e ancorou a água para trás. Depois, lá em baixo, descendo pelo plano inclinado, descíamos 114 degraus e tinha lá o 4º piso que tinha minas para um lado e minas para o outro, mas aí deve ter tudo água porque, como era um plano inclinado, não tinha esgoto (...) Cá fora também não se fez nada, está tudo pronto a trabalhar, tudo! A lavaria tiravam-lhe as mesas com certeza, eu não sei como é que está aquilo agora, não me dava interesse ir lá, mas não deve ter lá nada [na lavaria]! (V1).*

Ao longo das Entrevistas, a recordação do cenário mineiro ia sendo avivada e o discurso ia ganhando uma certa **nostalgia**, comum em todos os Entrevistados. O espaço mineiro que, não sendo produtivo para qualquer outra actividade, representou a melhoria da vida de alguns, num tempo em que as condições rurais eram muito severas para a maioria dos que participaram nas actividades mineiras:

*“Eu às vezes ponho-me na janela [voltada para a encosta de Castelão – vista para os trabalhos mineiros abandonados] e digo assim: Oh Senhor, tanto minério tirei de lá e queríamos tirar um bocadinho para fora, que fora vendíamos-lo caro e não se podia...e agora não há lá ninguém!” (C1).*

*“Aquilo [o encerramento da mina de Valdarcas] foi uma tristeza para todos, até foi uma tristeza para mim! A Direcção-Geral de Minas é que assim disse” (V1).*

*“Ai desse tempo [década de 40 do séc. XX, Vila Mou] (...) essas ribeiras têm mais histórias que a água que levam (...) e agora até parece que choram, que ninguém lhes liga, já há poucos que se lembrem do que isso foi (...) a gente ainda sabe as cantigas, mas poucos as querem aprender...” (VM1).*

A **empregabilidade** nestes contextos rurais era muito reduzida. As formas de ocupação estavam relacionadas com a agricultura e a pastorícia. As minas vieram deslocar atenções, mas parte da comunidade interveniente nas actividades

mineiras manteve actividade agrícola residual. Com o encerramento mineiro, a deslocação para as actividades de subsistência agrícola acontece simultaneamente com o êxodo rural e a emigração:

*“...depois eu fui servir...” [lavoura].(C1); “(...) quando era o contrabando, nós estávamos lá em Castelhão [vivia na Casa da Mina] - foram-nos pedir para guardar lá o contrabando. Se acusassem o contrabando, nós é que íamos presos e depois foram metê-lo nas minas. Metiam lá o contrabando... Só foi nessa altura... E ainda ganhavam umas coroas...” (C4).*

*“(...) as minas [Dr. Gavinha - Castelhão] estavam paradas, tinham trabalhado fortemente, deu para aí muito, muito minério (!). Mas essas pessoas que lá trabalhavam já tinham ganho lá muito dinheiro, já o tinham comido todo e já andavam a trabalhar a cavar os terrenos que deixaram para ir para as minas. Já tinham mato deste tamanho [1.5m]. Andavam a cavar para semear umas batatinhas e um milho e umas couves para comer, para viver” (C9).*

### **Subcategoria 3.3. Razões do encerramento**

A discussão das razões de fecho das minas mostrou um desconhecimento generalizado dos motivos relacionados com a conjuntura económica internacional e de mercado global dos metais. A variação da cotação do minério era associada à disparidade de preços praticados pelas companhias e em mercados paralelos e ilegais:

*“Aquilo [valor do minério] já não dava tanto, estava mais barato... Já não merecia a pena...” (C2, C6, C8); “Aqui [Balouca], depois deixou de dar e deixaram de comprar minério, foi aqui como nas minas da zona [Cabração-Lousado], foi quase na altura de Monteiros”.*

*“Aquilo [Valdarcas] fechou, na altura em que tudo fechou, deixou de dar dinheiro... Baixou muito o preço e não pagava a despesa, parou tudo! Não era pela falta do minério, o minério está lá! (...) Parámos aquilo porque o minério deixou de dar dinheiro. Não dava para pagar às pessoas. Não é que ele tivesse deixado de dar dinheiro de vez, não sei hoje como é que é, mas ainda deve dar dinheiro. A China é que acabou com isto tudo, tem muito mais gente a trabalhar e mais minério” (V1).*

*“As minas [Cabração] não davam o rendimento preciso, eles [MIPOLI] quiseram fechar (...)” (CM1).*

Por outro lado, deixa-se transparecer o **desinvestimento por parte das companhias mineiras**:

*“(...) então vai-nos deixar Sr. Farias [sócio da Companhia]? - Aqui isto já está a ficar mau. Pronto fechou!” (C1); “O Gaudêncio [sócio da Companhia] investia lá para Famalicão. Não investiam nada aqui [Castelhão - Vilar de Mouros]” (C2); “Não havia investimentos na exploração, aquilo era conforme dava! Dependia do que se tirava. Até se costumava dizer: agora que dá, dinheiro não o há... agora que dá, dinheiro não o tenho para o dar...” (C9).*

*“Recebi ordens no escritório: só se trabalha esta semana [Mãos - Monteiro]. Está tudo por aí a baixo a fechar e nós fomos os últimos até. Ficou para ali, não sei se a Urgeiriça, a Borralha fechou ao mesmo tempo mais ou menos” (V1).*

*“Chegaram [concessionária do Cavalinho] a querer fazer uma central para fazer uma coisa grande [uma perfuração] para ficar muito mais abaixo das minas [galerias do Cavalinho], e até se chegou a fazer a estrada para lá, mas nunca chegaram a botar mais nada ali. A empresa queria, mas certos sócios... O que é, quando puxa uma grande despesa...” (CM1).*

O **esgotamento do recurso** apresentava-se também como uma causa para o encerramento e o fenómeno de diluição foi percebido só em determinadas concessões:

*“Diziam-me que o minério estava a falhar [Castelhão]... Mas agora já dizem que ainda lá há muito minério...” (C3).*

*“Naquela [galeria], que estava virada a nascente, íamos apanhar filões. E apanhávamos. A mina ia por aqui fora e os filões apareceram assim [na vertical]. Mas não tinham nada já, dizia-se que tinha passado um fogo - não sei como chamam àquilo - ou qualquer coisa que tinha queimado o minério todo. Atravessámos um filão, continuávamos, atravessámos mais 1 ou 2 e vimos que aquilo não tinha nada e embora - fecharam a porta e pronto” (C9); (...) por onde*

*havia minérios aparecia buraquinhos, eu era novo, eles é que me diziam: pronto está queimado, queimou. Passou aí qualquer coisa que o queimou” (C9); “Já não havia minério, não dava, não se encontrava! Mais de um ano que eu andei nessa galeria, até chegar aí aos 112m. Não apareceu nada, pronto, até ali nunca apareceu um filão” (C9).*

*“Acabou por falta de produção, tudo tem uma fase! Teve a fase do princípio e a fase do fim, depois foi fracassando. Claro que se notou, razão por que se desistiu. Os trabalhadores [abandonaram] e automaticamente a Companhia [Concessionária de Castelhão] desistiu. Havia muito menos, nós passámos dias e semanas sem encontrar nenhum...” (C6); “Suponho que aquilo [Castelhão]... aquilo secou. Aquilo, para mim era aquele bloco que estava ali, aquele bloco. O bloco depois foi explorado – acabou! (C9).*

**Limitações de ordem técnica** e problemas sem solução surgidos no decurso da exploração foram também referidos no discurso dos Entrevistados:

*“Essa [galeria junto ao rio Coura] era comprida mas até deixaram de a explorar porque apareceu água e por essa razão tiveram de a abandonar. Tinha minério mas tiveram que a abandonar. A água nascia lá dentro, não era do Coura. Não, era muito profunda” (C8).*

*“Íamos tirando sempre material para vender, mas depois chegou uma certa altura que tinha quase 17 braças de corda [cerca de 25m], era fundo, sabe que uma braça é muito mais do que um metro [Balouca]. E depois começou a aparecer água, eu acho que devia ser água do regato, começou a ressumir (!) água e dava assim uns tacos brancos, quase parecia caldo e ressumia (!) água - o minério foi-se embora. E nós então fomos vindo para cima e fomos entulhando o poço, e depois íamos desistir daquilo e o pai do tal rapaz que era assim [avarento] disse: a ver se ides mais algum dia” (B1).*

#### **Subcategoria 3.4. Estruturas remanescentes da actividade mineira**

Referiram-se algumas infra-estruturas que apoiaram ou foram desenvolvidas ou adaptadas à actividade mineira e que hoje persistem. Entre elas, incluem-se: o rego do Viso [Vilar de Mouros]; os Paióis [em diversas minas]; as “pias” ou “talhas” de Castelhão [Vilar de Mouros]; as trincheiras e a cruz funerária da Balouca [Cabração]; a lavaria de Valdarcas [Vilares, Covas]; as Vendas de Vila Mou; os caminhos para as Cruzes de Santa Justa; os “quartéis” de Santa Justa - santuário; a lavaria e fundição-piloto de Vila Mou:

*(...) as pias eram ali umas à beira das outras e dava tudo para lavar.(...) quem nas fez foi a Companhia, vieram os artistas e aquilo foi picado pelos artistas de Vilar de Mouros” (C2).*

*“...havia o rego, que era do tempo da Quinta do Fidalgo, mas estava abandonado. (...) depois a Companhia foi com o pessoal deles a limpar o rego e ajeitou-se a água de lá...”(C3); “(...) vinha lá daquele rego, das Argas... foram eles [Concessionária de Castelhão].”(C6); “Fizeram um rego, aquilo era um trabalho! Nos tempos antigos muito se trabalhava! Um rego que enchia isto em altura [cerca de 2m] e mais, noutros [sítios] tem menos, mas era um rego enorme. Esse rego veio lá de cima, da ponte de São João, muito mais lá para cima, tudo a prumo, pelo monte fora. Faz aqueles ziguezagues como faz o monte. E vinha fazer trabalhar um engenho, que ainda está ali no clube [antiga serração (?) de Vilar de Mouros]. Isso custaria uma fortuna, mas naquele tempo não custou nada, porque não havia dinheiro, fizeram quase de graça. (...) A Companhia reactivou esse rego e trouxe a água, era com essa água que se lavava” (C9); “Era ali [Castelhão] que vinha a ter. Num buraco daqueles, está à vista! Passava por baixo da estrada, tem lá um aquedutozinho. E depois ia para essas pias, se era muita ia pelo monte abaixo. Quando fosse muita eles [trabalhadores por conta própria] governavam: tinham umas caleiras preparadas e metiam aqui uma tampa e pronto ...” (C6).*

*“O rego já estava feito, mas só chegava ali, a uma distância de uns 100m. E então eles abriram uma saída para a água vir sair a Castelhão. Passava por um aqueduto por baixo da estrada. Ainda lá está uma abertura na rocha onde a água saía, por cima da valeta, saía dessa abertura [cerca de metro e meio], passava por baixo da estrada e vinha para a parte debaixo da estrada, onde havia a lavandaria.” (C9).*

*“O paiol em cimento [Castelhão] (...) era para guardar lá o fogo – aquilo eram uns cartuchos.” (C8).*

(...) [caiu] *aquele bocado cá em cima e nunca caiu mais nada* [dentro da trincheira] (...) *aqui há pouco passei por lá* [Balouca] *e fui ver e não tinha abatido mais nada!*" (B1).

"A cruz [funerária da trincheira da Balouca] *o pai é que a mandou fazer e depois levou-a lá no carro, e eu até estava em Lisboa, quando a levaram para lá* [Balouca]. *Porque puseram-na assim ao lado até, em cima de uma daquelas pedras pretas*" (B1).

"Para entrar na mina mesmo, só se for por aquelas casinhas, onde era a casa das máquinas. Tem que se ir ali e depois desce-se agarrado ao chão – de rasto – ali só ia o pessoal sem medo, porque não tem mina, descia-se conforme se podia. Talvez com uma corda, nesse sítio, fosse possível entrar (...) por esse sítio não tem água. A gente [funcionários de Valdarcas] *descia por aí, que não juntava água. O socavão de lá de baixo é que limpa as águas todas, tem valeta*" (V1).

### **Subcategoria 3.5. Reactivação da lavra mineira**

Alguns períodos de **lavra suspensa** intercalaram-se entre fases de exploração, situando-se, essencialmente, entre a "corrida" (1939 -1944?) e o limiar de sustentabilidade em meados de 1950 e 1960, testemunhado pelos Entrevistados:

"As minas [Castelhão] *tinham trabalhado e depois estavam paradas, houve uma fase em que elas estiveram paradas (...). Quando começaram outra vez foi numa fase em que se andava a procurar se havia mais alguma coisa (...). Não houve nada daquela maluqueira, daquela folia(!), aquilo* [Corrida ao minério] *já tinha passado tudo. Nunca mais toparam como naquele tempo, eles procuravam aqui e ali e acolá e aquela quantidade, já não dava...*" (C9).

"Depois que o minério acabou, o francês, que era o dono das minas dos Monteiros, vendeu tudo. O estanho ainda ficou a dar bastante dinheiro. Nós [pilha] *organizámos aí, éramos 3, fizemos uma sociedade e aqueles pilares mais ricos, naqueles sítios mais ricos, íamos a eles. Havia aqui um velhote que trabalhou lá* [Monteiro] *sempre, conhecia essas minas todas. E nós dávamos-lhe cigarros e ele dizia-nos aonde havia o minério lá dentro. Era o que nós queríamos saber! Íamos lá e sacávamos aquele minério com aqueles picaretitos e o saco. Isto foi depois de explorado pelo Platel que vendeu às minas da Borralha e depois nós nessa altura, como o minério deu outra vez dinheiro, explorámos aquilo. E aquilo deu muito dinheiro! Eu fiz esta casa com esse dinheiro*" (V1).

"No fim da guerra os minérios deixaram de ter grande valor e ele [Concessionário de Monteiro] *sobre-alugou isto à empresa da Borralha. Chegaram eles a explorar e depois, sempre com o nome de Companhia Francesa de Minas, foi outro pessoal a partir de 1959: Barros, Rodrigues e Companhia* [?]. *Nessa altura, eu já tinha andado na Cerdeirinha, vim para aqui* [Cavalinho-Mãos] *a limpar novamente e a continuar a explorar isto até 1964. E isto* [Campo mineiro da Cabração] *pouco mais tempo durou depois*" (CM1).

"Em 1957 isto deu um tombo. Em 57 parou quase tudo. Deu um tombo e então eu fui procurado pelo pessoal que me conhecia para recuperar a mina de acolá [Mina de Cavalinho] *que dava pouco rendimento, e para recuperar estas daqui* [Mina de Mãos]. *Mas já não eram as mesmas pessoas! Quer dizer, parte delas eram, mas já não era a mesma sociedade* [Grémio dos Ourives]. *Eram pessoas que estavam interessadas naquilo, conheciam aquilo, então continuei até 1964.*" (CM1).

"...os que sobre-alugaram a mina dos Monteiros depois não sabiam como é que eu trabalhava. Era um indivíduo, que até fazia o correio e, juntando-se com um padre daqui da freguesia e um indivíduo de Ponte de Lima, sobre-alugaram eles aquilo. (...) *chegaram a abrir em céu aberto a distâncias terríveis, que depois foi entulhado por outros que vieram tirar pedra para louça. Que naquele tempo não se podia ir de céu aberto mais de 5 metros e com entivação rigorosa... E eles esburacaram aquilo tudo, e no fim não dava nada, claro – até telha venderam!*" (CM1).

"Depois, quando a Cerdeirinha parou, o Rosivel [sócio da Geomina] *estava desempregado, era um engenheiro que também trabalhava aqui, agarrou-se ele ali* [Valdarcas] *a trabalhar por conta dele, e defendeu-se. Ganhou muito dinheiro! Nessas minas de baixo, de Covas, [Couto Mineiro de Valdarcas] essas não pararam – essas nasceram depois das outras pararem*" (CM1).

"Ali, foi quando começámos a atacar a serra, para cima – Monteiros já tinha parado antes, logo a seguir da guerra parou uma quantidade de anos, depois chegou a vir aí a trabalhar outros mas não aguentaram muito tempo, isto era estanho aqui. E então depois nós em 58 ou 59 para 60. Em 1964 ainda estive lá eu, mas aquilo aguentou-se pouco mais" (CM1).

A **reabilitação de acessos e infra-estruturas**, a seguir aos períodos de abandono, aparece mencionada como uma fase de grandes expectativas, e também de grande investimento. Qualquer acção de retoma sobre o EMa impunha custos elevados:

*“(...) foi para aí nos anos 50. Quando viemos para aqui, aquilo já estava a trabalhar. Tinham começado há pouco tempo a fazer a limpeza, a abrir as minas – porque estava tudo cheio de mato. Depois casei com 23 anos, ainda estava a trabalhar, mas aquilo fechou depois daí a 1 mês [1952]” (C9).*

*“(...) aqui nós gastámos um dinheirão quando foi para fazer a limpeza às minas e não eram muitas minas a limpar, porque aquilo não tem muitas minas ali [Cavalinho-Mãos]. Estava entulhado, foi preciso recomeçar a limpar e meter madeira nova. Já estavam aos anos fechadas. Foi preciso meter aí um par de camionetas de madeira. E não tínhamos esta ligação de estrada. A madeira, tínhamo-la à beira, embora que houvesse alguma, mas alguns [proprietários locais] faziam-se de caros, sobretudo a Junta [de Freguesia de Cibração], que tinha algum dinheiro. Mas começaram com a madeira fornecida pela floresta, em São Martinho de Coura. Ora, vinha uma camionete de Ponte de Lima, vinha lá por trás da serra, até ao alto e usar a estrada da floresta, por ali fora. As estradas eram muito ruins, se a estrada estivesse como está agora! A própria estrada de Ponte de Lima, que vai para Paredes de Coura, pelo lado de cá do rio, era uma miséria também... Só o transporte ficava-nos caríssimo e com madeira à beira!” (CM1).*

*“Terminada a limpeza e começámos a atacar sítios sãos ainda [Mãos - Monteiro], para começar a cobrar, para ver se fazia algum dinheiro. Aquilo começou a dar, mas chegou-se a um ponto, dentro das galerias [antigas], que já estava pesquisado, comecei a ir buscar aonde ele estava” (CM1).*

#### CATEGORIA 4. GEOLOGIA DO DEPÓSITO MINERAL

A categoria “*Geologia do Depósito Mineral*” foi assim designada para incluir todos os temas que estivessem de alguma forma relacionados com a geologia das ocorrências: o recurso, gangas, paragénese, tipologia de depósitos naturais, que se distribuíram pelas subcategorias mencionadas na **Figura IV. 7**.

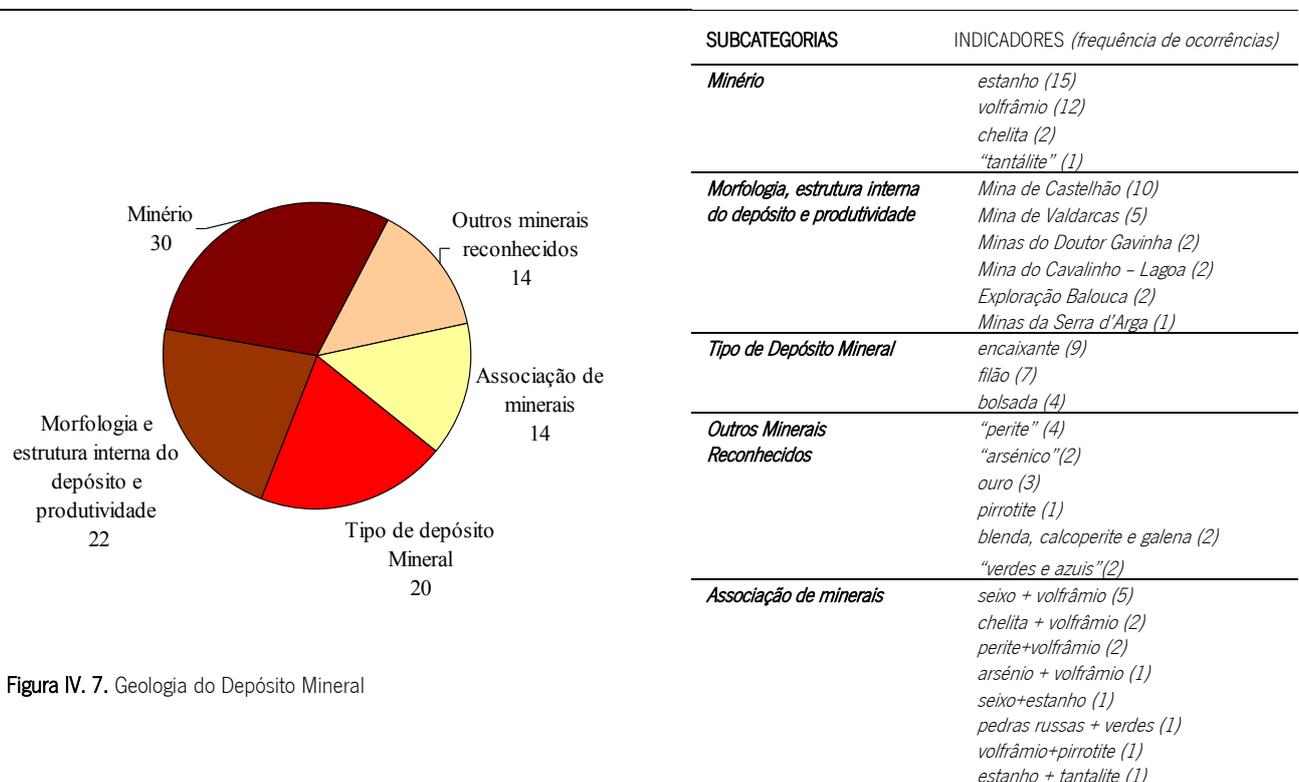


Figura IV. 7. Geologia do Depósito Mineral

### *Subcategoria 4.1. Minério*

Os **minérios alvo** referidos pelos Entrevistados eram o volfrâmio, grande motivador da “corrida”, e o estanho. Foram referidos ainda os niobiotantalatos, o ouro e as “chelitas”, apenas conhecidas por alguns e segundo os quais se trataria de uma “modalidade” de minério de volfrâmio “mais tardia”:

*“Era só o volfrâmio o que se tirava ali [Castelhão] (...) aquelas pedras negras, grandes, as espelhadas (C1); “saíam pedras grandes: e só minério, pretas, pretas! Até escreviam... A gente fazia assim uns riscos com a pedra para se ver se era minério puro (...) Tiravam as pedras limpas... Aquilo vinha limpinho, não dava trabalho nenhum... (C3); “É muito pesado... Muito pesado! Uma pedrinha pretinha pesava! E riscava... (C2).*

*“(...) só se aproveitava o volfrâmio, não havia ali [Castelhão] mais nada que se aproveitasse, ali não havia estanho. Havia pedras limpinhas, grandes como dedos, aquilo até era bonito, espelha, era bonito mesmo e tem um peso... (C6); “Era duro e a cor dependia da zona onde passava o filão” (C8); “ (...) eram as frentes duras, dava-se o fogo e a gente pegava numa pedra daquelas e via-se, eram pretas e com a pontinha da navalha riscava e fazia um pozinho da cor do vinho e aí era minério (V1).*

*“(...) havia minério em mais sítios, do minério já se falava antes do volfrâmio, o estanho já se explorava (...) Havia umas minas na Cabração que eram de um francês, de estanho (...) Havia minério noutros lados, havia em Covas, mas não era volfrâmio, era estanho e era outra coisa... não me lembro como é que lhe chamavam” (C2). “Em Covas é que havia outro, mas não era igual a este. O daqui era melhor...” (C3); “O estanho não é tão brilhante [como o minério de volfrâmio]” (C9).*

*“Lá [Balouca], era o estanho, houve o volfrâmio mais aqui para o lado, no Cerquido. Lá era só estanho, não havia mais minério” (B1).*

*“Em Monteiros, onde eu trabalhei ultimamente, era a [mina] mais velha do sítio, era de estanho. A tantálita, fosse cá em baixo [Cabração - Monteiro], fosse em cima [Arada - Cumieira], aparecia numa espécie de pedra amarela, espécie de seixo, mas amarelo, eram amareladas. Havia bocados, havia de tudo, mas na maioria tinha de levar fogo. Não era que fosse uma coisa como um rochedo, era uma espécie dura, mas fácil a separar, não era uma coisa de ter que estar sempre a rebentar a fogo mas sempre tinha de levar algum para abrir” (CM1).*

*“A schellita essa não [se distingue], essa só com a minera-lite, a lâmpada de violeta, é que íamos lá com as luzes apagadas e é que as víamos com a minera-lite.(...) havia chelita em Valdearcas, Cerdeirinha, Fervença e na Lapa Grande” (V1).*

### *Subcategoria 4.2. Outros minerais reconhecidos*

*“(...) o arsénico é que o deitávamos fora, porque eles [Companhia de Castelhão] não queriam o arsénico” (C2); “Parece-me que se pagava 100\$00 o quilo. Mas o quilo não era só do minério – juntava-se a perite que se queimava e secava e ficava igual ao volfrâmio” (C9).*

*“(...) era tudo em perite – em Valdearcas” (V1).*

*“A perite é um material que explorei (!) muito até. Isso sai em grandes pedaços, por vezes até, sem ser feitos mas que até parece que foram preparados e espelham. Isso, ali em baixo [Fulão] (CM1).*

*“Essa [pirrotite] ouvia falar e sabia que havia esse minério [Valdearcas - Cerdeirinha], mas só à engenharia é que ouvia falar” (V1).*

*“Também dava amostras de ouro na Lapa Grande, aproveitava às vezes umas pintinhas, lá o Sr. Faria ia e punha-as num frasquinho, andava sempre de volta da lavaria e logo tirava mais um grãozinho. Mas em Valdearcas não, passava na flutuação, passava naquela coisa toda e queimava o ouro, que o ouro é macio, bom de se fundir” (L1).*

*“Na Lapa Grande, eu andava a par daquilo, o Sr. Faria é que ia lá às mesas que ali eram pouquechitas e é que via e punha no frasquinho as migalhinhas do ourinho” (V1).*

*(...) Tinha a galena, a blenda, as perites, as calcoperites [Cavalinho - Mãos], uma série de materiais que não tinham aplicação cá [em Portugal] e não vendíamos (...) a galena, que é como o volfrâmio – não espelha, é castanha (CM1).*

*“Onde andámos [Balouca], que não achámos nada; em baixo, é que dava muito desse verde (...) mas aquilo, o verde, não o compravam e nós botávamos fora, para o meio do monte (...) O verde até dava muito no outro ribeiro, no outro lado, cá no fundo [foz de Benvisa]” (B1).*

*“Vinha [o volfrâmio] com o arsénico” (C2); “Vinha em seixos, em seixo branco, era o filão entre as pedras, (...) aparecia em seixo branco pintado” (C2); “Vinha limpo e se trouxesse alguma pedrinha branca, uma coisa branca – tiravam-na, com os guilhos...” (C3).*

*“O volfrâmio vinha agarrado ao próprio seixo que estava no granito. E depois havia que fazer a separação dessas coisas todas, razão pela qual lá estavam as ditas pias que lá estão, era para fazer essa separação” (C6).*

*“Havia a perite [Castelhão] que era amarela brilhante e essa aparecia com o volfrâmio lado a lado!” (C9).*

*“Aí também aparecia seixo, também, mas depois havia que masgar (!) para separar o estanho do seixo” (B1).*

*“(...) nas russas [Balouca], pedras quase abrançadas(!), dava-se esse verde, mas não davam dinheiro nenhum. E naquilo assim até aparecia muito verde” (B1).*

*“O minério em Valdarcas aparecia naquela pedra que era preta, a de pirrotite, que era preta, não era o seixo... A chelita andava com o volfrâmio (...)” (V1).*

*“(...) e o estanho associa à tantalite [Cumieira]” (CM1).*

#### **Subcategorias 4.3. Morfologia, estrutura interna do depósito e produtividade e 4.4. Tipo de depósito**

Pelo discurso dos Entrevistados, foi possível aceder a informações que permitiram uma reconstituição aproximada da morfologia e estrutura interna do depósito. O depósito de Castelhão foi aquele que melhor se conseguiu caracterizar. Foram igualmente conseguidas informações sobre a produtividade, de que se destacou a mina de Valdarcas.

O tipo de depósito mais comum era o filoniano, assim caracterizado pelos Entrevistados:

*“O filão, o filão não se desplica (!) ia direito para o tio António da Fábrica (!) ia para nós, alargava, dobrava (...) Havia o filão que era preto porque o minério era preto, era todo minério.” (C2)*

*“(...) a minha patroa estava toda inclinada a tirar o filão – também ia torto... Batia com o martelo para tirar. Eles tinham estacas, assim estacaria que seguravam as paredes... um penedo abriu e ia ao fundo.(C3).*

*“Na Arada, por exemplo, mas sempre na concessão do Entreposto, já havia um filão em saibro – um barro branco, e há um outro filão que vai e atravessa para o lado daqui que parte dele está nas concessões daqui [Cabração – Monteiro] e parte estava nas concessões de lá de acolá [Mãos - Cavalinho], esse era o verdadeiro seixo, era só assim. Era estreitinho!” (CM1).*

Em algumas descrições é aplicada a designação de “bolsadas”, com significados distintos. O encaixante também integra a descrição dos depósitos, sendo-lhe reconhecida alguma variedade:

*“(...) às vezes aparecia um bloco, só de minério – chamavam-lhe uma bolsada. Parecia um bloco grande só de minério. Esse não era preciso masgá-lo na pia, esse já ia directo.” (C2).*

*“... na mina, para o lado de nascente, havia muita humidade, devia ser alguma bolsada de água, quando o fogo arrebatava nós já estávamos longe. Havia assim uns stocks de água na mina e, de vez em quando, esbarrava-se numas grutas. A engenharia dizia que aquilo era minério antigamente e que derreteu. (...) Caía sempre mais alta do que o piso onde se pôs o fogo, caía de cima, de uma tal bolsa que ia ao lado. A caverna tinha as mesmas massas que a gente via na mina.”(V1)*

*“Primeiro apareceu [minério] em xisto – chamamos nós piçarra. E depois dum lado dali [Castelhão, a Norte], apareceu em cantaria” (C2); “O estanho aparecia na terra. Terra tinha a cor como se vê ali no monte, mais barrenta um bocadinho.” (B1)*

*“(…) em cima, na Cerdeirinha, Lapa Grande e Fervença, era a jorra. Aquela jorra era uma pedra loira meia mole. A engenharia chamava-lhe jorra.(…) A piçarra era o encosto, depois estava o filão, sacávamos o filão como se fosse todo volfrâmio, que era mais que a chelita.” (V1).*

Nas descrições dos depósitos avançavam-se morfologias, zonalidades – zonas de bonança e zonas pobres – o que permitiria reconhecer o tipo de depósito e mineralização:

*“Por baixo [das pias, em Castelhão] era onde era o forte (...) Havia ali naquela zona, depois havia mais cá em baixo, de encontro ao rio [Coura]. E depois mais adiante. Por baixo da estrada tudo. E havia por cima, ao pé da Casa da Mina [Castelhão]. Por cima havia umas grandes minas também.” (C2); “Não era grande fartura [de minério, Castelhão, 1954], nesse tal socavão é que deu um bocado bom, mas depois não. Se se tirasse 10, 20Kg [por dia] já era muita coisa. (...) Não se enchia uma camioneta em menos de um mês. No meu tempo nunca, antes sim, pelo que me diziam, antes sim.”(C9); “Já havia umas pequenas explorações de estanho aqui em Vilar de Mouros, num sítio chamado Pardelhas, eram as minas do Gavinha”C2); “(...) nas minas do Sr. Dr. Gavinha apareceram aqueles vestígios e a partir daí foram explorar.” (C6).*

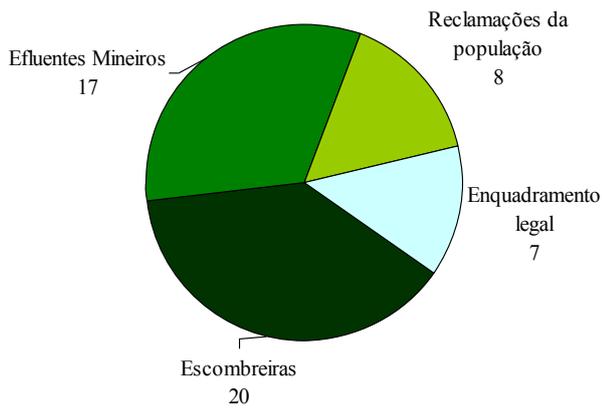
*Na Balouca, “(...) donde embuti que aquilo era uma coisa assim [vertical], veio o filão e quase fechava, ali é que se dava com a picareta e quase era o estanho a correr para baixo, como água – tanto é que alguns nos chegaram a roubar terra. Nós éramos os da ponta de cima.” (B1)*

*“A Cerdeirinha era uma bacia e ali havia um stock que acabou. Um stock redondo, que não tem minas. Há uma, tem um socavãozinho cá em baixo no fundo, que era para limpar aquilo que era explorado. Onde tem água foi onde a gente acabou para explorar o restinho que havia (...) E foi rico, aquela lavaria lavava ali muito minério. A Cerdeirinha era rica, era rica, mas foi bem explorada. Foi rico, eu sei, ninguém sabe mais que eu [capataz] ” (V1); “Aquilo era um stock, o filão seguia acolá para o lado da Lapa Grande e seguia acolá por ali acima para o lado da lavaria [Valdarcas], subia naquela encosta de lado. Depois não se via. Depois diziam-me que ele largou ali e que ele ainda seguia ou para a Fervença para baixo. Mas não houve Eng.º nenhum que dissesse assim com certeza: ele passa por aqui abaixo, não houve, e eu andava a par daquilo. Mas diziam que ele que largou ali [Valdarcas] aquela bolsada, na Lapa Grande, que largou outra vez e na Fervença que largou outra vez, mas não estava visível.” (V1)*

*“Vindo de cima [Argas] que é o mesmo filão, no Cavalinho ou Lagoa, já estávamos no estanho. Subindo o resto da serra, e entrando em Arga de Cima, já no distrito de Caminha era estanho de aluvião. Em Cerdeirinha, era do Entrepasto Mineiro do Norte Limitada. Havia depois, essa mina, da primeira entrada, à direita, quem vai daqui para lá, uma mina em estanho já, do estanho de aluvião e do outro. Ia-se para a frente, a Arada, para ser sempre concessões do Entrepasto, mas também há concessões deste daqui, da concessionária francesa, que também apanha uma parte da Arada – que é estanho. Um vai para baixo, gera volfrâmio e tantalita (!). E mais um descia, quer dizer a Cerdeirinha já era mais carregada em volfrâmio. E em baixo – Gaudêncio Valente e Faria, que era entre a Cerdeirinha e a Matinha [Valdarcas], em baixo – era a Lapa Grande, já era volfrâmio, mais ou menos como nós [Cerdeirinha], e tantalita em baixo, a última que terminou, já era mais parte de tantalita que volfrâmio, a de baixo era do Gaudêncio [Cabeço do Meio Dia].” (CM1)*

## CATEGORIA 5. IMPACTE AMBIENTAL

Associado ao tema do impacte do meio físico, poluição, produção de resíduos, escombrelas, efluentes mineiros, não são muito expressivas as preocupações dos Entrevistados. A categoria *“Impacte ambiental”* é a que menos importância ocupou no decorrer da entrevista. Em parte, *causa e efeito* poderão estar relacionados com o desconhecimento do *enquadramento legal* e a escassa referência a *reclamações por parte da população*. No conjunto, formularam-se 4 subcategorias (**Figura IV.8**).



SUBCATEGORIAS	INDICADORES (frequência de ocorrências)
<i>Escombreiras</i>	<i>minério residual na escombreira (7)</i> <i>material constituinte de escombreiras (6)</i> <i>processos de rejeição de estéreis (5)</i> <i>impacte ambiental associado (2)</i>
<i>Efluentes Mineiros</i>	<i>proveniência da água para o tratamento (7)</i> <i>estratégia de tratamento de efluentes (7)</i> <i>impacte ambiental e meios de dispersão (3)</i>
<i>Reclamações da população</i>	<i>prejuízos associados à mina (5)</i> <i>atitude dos locais face à mina (3)</i>
<i>Enquadramento legal</i>	<i>consciência dos limites legais (4)</i> <i>penalização (3)</i>

Figura IV.8. Impacte ambiental.

### Subcategoria 5.1. Escombreiras

Entre a maioria dos Entrevistados, reconhecia-se a existência de **minério na escombreira**, o que motivava sucessivas relavagens:

*“Andavam à procura naqueles montes enormes de pedra, à procura de uma pedrinhas, umas pintinhas, partiam aquilo, depois apanhavam a terra e iam pelo rio [Coura] abaixo e lavavam aquilo, recuperavam alguma coisa e vendiam.” (C6); “(...) lá no chão, quem espreitasse bem, ainda via algumas pedrinhas de minério. Que ali era para pôr a terra enxuta, mas consoante vinha a chuva lavava e também se via bem o minério que ficava” (B1).*

*“E depois [de britar manualmente] desfazia-se em terra o ruim e lavava-se [Castelhão]. Faziam muita terra ao tirar o minério... Sabe que sempre caía algum ali para a terra e depois ainda juntavam aquela terrinha toda e lavavam-na...” (C3). “Nessa altura [Castelhão, 1950] já havia por lá algumas pessoas que queriam lavar as terras que tinham saído da outra vez [1940] - em que tinham topado muita coisa” (C9).*

*“Ali [Valdarcas] é que tem aquelas perites, aquela coisa toda é que passava nas 2 separadoras por acolá fora e vinha então para aquela escombreira preta, a mais pequena que lá está” (V1).*

*“A lavagem das escombreiras [Valdarcas] fui eu que a fiz, ao fim de tudo, depois de a mina fechar. Fomos explorar a escombreira porque sabíamos que ela tinha bom minério - tinha sido sondada por sondadores da Direcção Geral de Minas. Lavámos aquela escombreira e tirámos de lá muito minério. Aquela escombreira preta. A escombreira lavada foi só a preta, cá em cima, a donde tem a chaminé, a donde trabalhavam os fornos, que era a escombreira mais rica, a outra não. (...) outra que não foi lavada tem minério, aquela das separadoras” (V1).*

*“(...) depois então houve quem alugasse aquilo [Monteiro, 1965]. Depois deles, o que eu soube, foi que veio para aí um tipo - não sei de onde era, aproveitar pedra para louça. E é que veio para aí espatifar aquilo tudo depois, mas quando esteve esse, eu já não estava cá. Eles aí viraram os escombros e as escombreiras que aí havia, viraram tudo, atiraram aí com certos sítios que por baixo eram bons mas que por cima já estavam explorados, para tirarem a pedra branca, que era uma espécie de seixo, perto da casa de baixo, mas espatifaram aquilo tudo...” (CM1).*

As escombreiras seriam constituídas por materiais rejeitados ora da preparação do depósito, ora do próprio tratamento, por vezes acumulando rejeitos sem condições de segurança mínima:

*“A piçarra botava-se fora, para o lixo, era para ali, não tinha um lugar, ia por ali abaixo [Castelhão]” (C1); “Chamávamos-lhe nós a areia, era a areia (...) aquele cascalho num montão enorme (...)” (C6).*

*“Há lá [Valdarcas] dois grandes montes de areias: acolá, era a escombreira grande e à beira da cabine da luz, era a [escombreira] preta, que era onde tinha separadora e havia ali as mesas. Há mais escombreiras mas era só de entulhos que vinham de socavões que a gente fazia para chegar ao filão (...)” (V1).*

*“(...) para o Cavalinho nada foi aproveitado, ali foi tudo a deitar dinheiro para fora, ali foi tudo para a escombreira: galena, blenda, perites, calcoperites” (CM1).*

*“Isso [estéreis] ficava lá para fora, para onde calhava, lá abaixo das pias... aquilo já não tinha nada,(...) deitavam lá tudo lavado, deitavam lá para o monte...” (C1); “Ao ar livre, fora da mina. O entulho ficava fora e a mina continuava a ser aberta. Porque havia que tirar o entulho para poder continuar a trabalhar no fundo” (C9).*

*“Aqui nos Monteiros não havia escombreira, havia as açudes, uma rebentou e a outra está assoreada lá em baixo, no Lourinhal. E quando esta aqui assoreou, depois que as minas pararam, esta de cima, pronto, já não estava feita porque a coisa rebentou e a areia foi por aí a baixo...” (CM1).*

*“A escombreira não cria problemas [Cerdeirinha] mas não se pode fazer uma escombreira a sair do chão e o pessoal estava apinhado em cima...(...)” (CM1); “Se aquilo desabava por aí a baixo... tapava os buracos todos” (C6).*

### **Subcategoria 5.2. Efluentes Mineiros**

A proveniência da água para o tratamento era referida, por alguns Entrevistados, como uma questão fundamental para a manutenção da lavra mineira, sobretudo a lavra mais rudimentar:

*“A água vinha [para Castelhão] de um rego lá da ponte de São João de Arga, chamam-lhe o rego do Viso. Isso vem de lá, da ponte de São João” (C1, C2); “A água depois cortaram-na ali em cima e vinha ter onde estava a casa da mina [Casa de Castelhão]. Tinham ali um rego de água, que era fornecida pela Companhia – que vinha transportada do rego de São João – São João de Arga” (C9).*

*“Do britador era tudo transportado em água que vinha de regos, na Arada [Cumieira], vinha do rio [Ribeiro das Pombas], mas puxada à bomba. Aqui, nos Monteiros, alguma vinha do fundo, de uma galeria do andar inferior, que dava o nível para o tanque” (CM1).*

Não era reconhecida importância ao tratamento de efluentes por parte dos trabalhadores por conta própria e pelos funcionários das concessões:

*“A água corria por ali abaixo. Pelo monte abaixo. Corria para o rio Coura. A primeira ficava suja mas quase não chegava ao rio, espalhava-se pelo monte” (C2); “(...) quase nunca [a água de lavagem] chegava cá abaixo [ao rio]. Ficava muito distante... O rio ainda ficava cá bem no fundo! Turvas vinham as [águas do rio Coura] de Covas...” (C3).*

*“As águas iam para o rio, esse minério [de Castelhão] não dava cor, o que dava cor era aquele de Covas, isso era outro volfrâmio, outra coisa, era uma espécie de uns pinhões, assim (...) [tamanho da unha de um dedo indicador]” (C6).*

Aqueles que mostravam ter conhecimento de possíveis estratégias de tratamentos de resíduos e efluentes, para contenção da poluição, eram os capatazes:

*“A gente [Valdarcas] tinha um homem que as guiava lá pelo meio do monte, mas quando havia uma enxurrada de chuva arrebentava com aqueles regos todos e lá ia aquilo tudo ao rio, aquela areia e aquilo tudo.(...) O local para orientar era o que esse homem fazia: regos para um lado e para outro e lá se ia conduzindo para o meio do monte. Mas não havia açude, como há aqui na Cabração. Ali [Valdarcas] era aquele monte de areias que saía das mesas e que o empregado metia a rodear as águas que saíam sujas - as águas e as terras, que iam sendo empilhadas ao fundo da lavaria. Depois foi crescendo” (V1).*

*“As águas que saíam das lavarias iam desaguar em presas de areias. Não estavam vedadas, a própria areia que se puxava, mais o lodo fino iam-se centrando (...) Sabia que na Cerdeirinha havia problema e mesmo na Arada também havia problemas e ali era eu que fazia a malandrice, aquilo era muito chão e ficava muito caro para estar a tirar a areia. Se fosse a areia... mas era lodo, lama. Montou-se uma linha e virava-se a vagonete e ficava tudo agarrado! E quando fosse aos fins-de-semana era raríssimo, raríssimo que não fosse ao regato (...) Na Cerdeirinha já havia um bocado de queda, mas cá em cima na Arada não havia e então quando a gente estava um bocado atrapalhado, só se furava a de cima. Não fazia mal a nada., ali em Arga” (CM1).*

Não era reconhecido impacte ambiental relevante dos efluentes e da dispersão de resíduos, que fosse condicionador da lavra mineira, muito embora algumas descrições apresentassem cenários de degradação do meio:

*“Esse [minério] é que estragou os terrenos ali em Covas, lá naquela zona. Havia uns terrenos para a erva das vacas, queimou tudo ali. Aquelas águas, queimavam tudo. Eles tinham lá uns tanques enormes, mas quando estavam cheios tinham que os ir abrir” (C2).*

*“As águas iam por lá abaixo para o rio [Coura] - lá ia dar cabo dos peixes. No rio ainda se conhece aquele sarro, quem passar na estrada e olhar para lá para baixo, no Coura, ainda se conhece aquilo - o que eu fiz!! Aquelas pedras negras e o leito do rio vermelho” (V1).*

*“Aquele chaminé com fumo negro, o tempo estava nevoeirado, em vez de botar o fumo para cima, ele vergava e ia para baixo e pousava por aqueles campos abaixo. Por aquelas vinhas - não dava vinho, queimava tudo - adoeciam. Os campos produziam mal” (V1).*

### ***Subcategoria 5.3. Reclamações da população***

Os prejuízos associados às minas reportavam-se sobretudo à envolvente fluvial do Coura entre Covas e Vilar de Mouros. No que respeitava ao rio, os problemas mais destacados associavam-se aos peixes; quanto à actividade agrícola, eram as doenças do gado e a produção da vinha. Todavia, a atitude da população local era condescendente:

*“(...)Ai Jesus! Uma vez até morreu o peixinho todo por aí abaixo! Foi... de Covas, aqui [em Castelhão] não. (C4); “Mataram o peixe todo por aí a baixo. Dantes aqui havia trutas que era um assombro e quando vinham aquelas águas morria tudo, viam-se os peixes por aí a boular!” (C6); “Quem passar acolá por cima e que olhe para o Coura, inda vê o Coura todo estragado pela águas das minas! (...) Aquilo dava cabo de tudo, dos campos, a vinha, os fumos vinham e queimavam a vinha toda!” (V1).*

*“(...) não tinham por onde os botar [resíduos de Castelhão], o que é que eles haviam de fazer?” (C4); “Nunca houve reclamações. Era tudo monte. Ali, naquela zona era tudo monte, ia directo ao rio, mas sempre tudo baldio” (C9).*

*“Havia o terreno de um rapaz que trabalhava ali [Cerdeirinha], sujávamo-lo todo, mas limpávamo-lo. Com carrinhos de mão depois. E íamos sujar (!) porque ele queria, quer dizer, ele fazia-o de propósito porque aquela lama tinha de sair da lavaria para algum lado, porque se não, às tantas, não se podia trabalhar” (CM1).*

### ***Subcategoria 5.4. Enquadramento legal***

Por parte dos capatazes, pode dizer-se que havia algum conhecimento dos limites legais. Em alguns casos, admitia-se que era preferível a penalização ao cumprimento da lei, se tal justificasse maior produtividade e menos encargos:

*“Eles bem reclamavam [Covas - Valdearcas] mas a chaminé estava na lei, tinha aqueles metros de alto! Quando estava o tempo bom ela subia o fumo” (V1).*

*“Aquilo [contenção de lamas da lavaria da Cerdeirinha] era obrigatório: havia a escombreira, pouco escombreira, mas lá havia 5 presas na areia também, onde estava pessoal: de noite raramente, mas de dia sempre, com uma espécie de moliço, de 60 - 80 cm, sempre a puxar aquele lodo para as beiras; cada presa tinha um tubo (!) que estava sempre a botar o lodo de um lado para o outro – mas aquilo era obrigatório, normalmente não se podia deixar ir lixo para fora, para o rio. (...) Mas havia vezes em que chegávamos a botá-lo de propósito. Não nos dava de outra maneira, a gente a tirá-lo na época em que está a trabalhar era como se fosse uma cola. Depois estando um pouco mais lavado era mais fácil e no final tínhamos que fazer o serviço” (CM1).*

*“As águas por ali abaixo prejudicavam [Ribeiro do Poço Negro – Rio Coura]! Vinha o guarda-rios, mas era meu conhecido. De vez em quando davam-me dinheiro e eu dava-o ao guarda-rios. Diziam os patrões: vê lá se te arranjas que isto está mau! E ele está a afrontar muito connosco, vê lá se lhe dás um dinheiro para uns sapatos. Mas ele multou-nos muitas vezes, mas em vez de multar pesado, era leve. E ele ficava todo contente e lá levava o dinheirinho para os sapatos” (V1).*

*“(…) havia multas e assim, mas ficava-nos [Cerdeirinha] mais barato fazê-lo [infringir a lei].” (CM1)*

Os elementos apresentados do funcionamento mineiro passado, decorrentes da análise de conteúdo do discurso de antigos mineiros, procuram sustentar uma qualificação dos espaços mineiros como *património cultural* e/ou *índice prospectivo*, neste caso em EMa. Esta distinção e qualificação dicotómica ou complementar é essencial, quando se colocam questões de sobreposição de interesses perante o ordenamento do território e/ou onde ocorrem depósitos que foram sujeitos a explorações antigas ou susceptíveis de valorização industrial actual.

## IV. 2. MINAS, CONCESSÕES E COUTOS – ELEMENTOS DO ACERVO DOCUMENTAL

O testemunho oral de antigos mineiros permitiu expandir o conhecimento sobre casos e processos peculiares e incidências sociais da lavra mineira em domínios que não poderiam ser alcançados de outra forma. Por seu lado, o acervo documental proporciona uma visão transversal e oficial/institucional do espaço concessionado na RMArga. É deste acervo que agora se trata, encontrando-se uma primeira abordagem em **Alves (2007)**. A metodologia de estudo foi inicialmente apresentada em **Alves et al. (2010b)**.

A documentação técnico-científica, jurídico-administrativa e de produção e mercado das minas concessionadas encontra-se agrupada em Arquivos, sob a forma de *dossiers* das concessões. A sua reunião e primeira numeração remonta a 1836 (**Mello Nogueira et al. 1962**). Os Arquivos que foram consultados estão sob a tutela do Estado, na DRE-N (Porto) e no LNEG (Lisboa). Estes organismos são depositários dos acervos documentais sobre administração e tutela das actividades mineiras passadas, provenientes da Circunscrição Mineira do Norte (1917-1991) (CMNorte, actual DRE-N) e a Direcção-Geral de Minas e Serviços Geológicos (1918-1993) (DGMSG, actual LNEG).

No Arquivo da DRE-N (Porto) foram consultados 171 arquivos e no Arquivo do LNEG (Lisboa) foram consultados 123, respeitando ao total de concessões atribuídas na RMArga (174 entre o período de 1876 e 1975). A sua referência encontra-se numa secção específica da Bibliografia.

### IV.2.1. ANÁLISE DE *DOSSIERS* MINEIROS

A análise dos *dossiers* de concessão relativos à RMArga, nos Arquivos Mineiros referidos, foi realizada numa perspectiva multidisciplinar, cuja metodologia, apresentada no **II Capítulo (Figura II.1)**, incluía: 1) pré-tratamento (consulta, categorização e selecção de elementos técnicos); 2) exploração dos relatórios sobre Cartografia, Planos de Lavra e Autos de Visita; 3) síntese de resultados (implantação cartográfica, reconhecimento e validação no terreno). Pretendeu-se recolher dados relevantes, tanto para prospecção (reavaliação de reservas remanescentes ou rejeitos valorizáveis em escombrelas), como para qualificação ambiental (identificação de zonas de tratamento, acumulação de rejeitos e eventuais vectores de dispersão de impacte ambiental) e ainda sustentar o valor patrimonial dos espaços mineiros (reconhecimento de uma herança cultural e tecnológica) (**Alves et al. 2008b**).

Cada dossier mineiro tem informações sobre características e natureza de cada depósito mineral e sua envolvente geológica e geomorfológica e também sobre o contexto socio-económico vigente no período de exploração.

Na proposta metodológica (II Capítulo, Figura II.1 e Figura II.2) definiram-se como unidades de análise os documentos de cariz técnico que integram os *dossiers*. Segundo **Chaumier (1989, cit por Bardin, 2008)**, na análise documental procede-se a “um conjunto de operações visando representar o conteúdo do documento sob uma forma diferente da original, que facilite, num estado ulterior, a sua consulta e referência”. A análise que se realizou incluiu as seguintes operações: 1) recolha de dados na totalidade dos documentos de cada *dossier* mineiro (referente à RMArga); 2)

formulação de três categorias (técnico-científica, jurídico-administrativa, produção/mercado) e suas subcategorias; 3) codificação dos documentos segundo o seu conteúdo e organização em *diagramas sinópticos*; 4) interpretação e comparação de diagramas.

Segundo esta metodologia, após a codificação e organização cronológica dos documentos, seria possível obter uma visão integral do *dossier* pela construção de *diagramas sinópticos*. Apresentam-se na **Figura IV.9** dois exemplos de *diagramas sinópticos*: Couto Mineiro de Dem (CM6) e Couto Mineiro de Valdearcas (CM58), consultados no Arquivo da DRE-N (Porto). O primeiro, refere-se ao período de actividade formal de 1922 a 1972 e o segundo, de 1964 a 1984.

A análise documental foi aplicada a todos os processos mineiros da RMArga consultados.

A representação em *diagramas sinópticos* só foi aplicada a alguns *dossiers*. Esta representação tem como objectivos e componentes:

- síntese (facilidade na compreensão e percepção imediata da informação);
- uniformização (realce de elementos comuns);
- particularidade (realce de especificidades de cada processo mineiro);
- dimensão holística (visão de conjunto da expressão dos vários *dossiers de um campo ou região mineira*).

Os *dossiers* ilustrados na **Figura IV.9** contrastam muito sob aspectos técnicos e administrativos, tal como as concessões que representam. Estão inscritos em períodos de actividade distintos e ambos se referem a um conjunto de concessões mineiras que já tinham lavra e produção declarada aquando da constituição do couto mineiro.

O CM de Dem, registado em 1922 e extinto em 1972, integrou 4 concessões – “Dem”, “Lugar de Dem”; “Vale da Cachada” e “Vale do Azado”. Apenas os *dossiers* das duas últimas concessões incluem cartografia mineira, referindo-se esta ao avanço dos trabalhos subterrâneos, no ano de 1941.

No conjunto de produção declarada para a RMArga, deduzida dos mapas de liquidação de Impostos de Minas (DG, 1919-1960 – ANEXO), sugere-se que aquele Couto Mineiro, no ano de 1941, representou cerca de 20% da produção total da RMArga. Atendendo ao *diagrama sinóptico*, esta percentagem deve estar relacionada com a actividade realizada em “Vale da Cachada” e “Vale do Azado”. Não obstante, no âmbito das “Irregularidades” referidas a respeito das guias de transporte de minério, pode admitir-se que o concessionário transaccionava mais do que produzia.

A quantidade de documentos da categoria “Jurídico-administrativa” no *dossier* de Dem caracteriza o processo mineiro deste Couto como inconstante, burocrático e com reduzida informação técnica. A existência de quatro concessionários/arrendatários pode justificar essa caracterização: 1) Armando Casimiro da Costa (de 1922 a 1936, ano em que abandonou); 2) *Gold General Mining Developement* (1937-1942, ano em que faliu); 3) Sociedade Mineira de Caminha (arrendatária em 1941); Fomento Nacional da Indústria (1950 – 1971, ano em que é arrematado pela Fazenda Nacional).

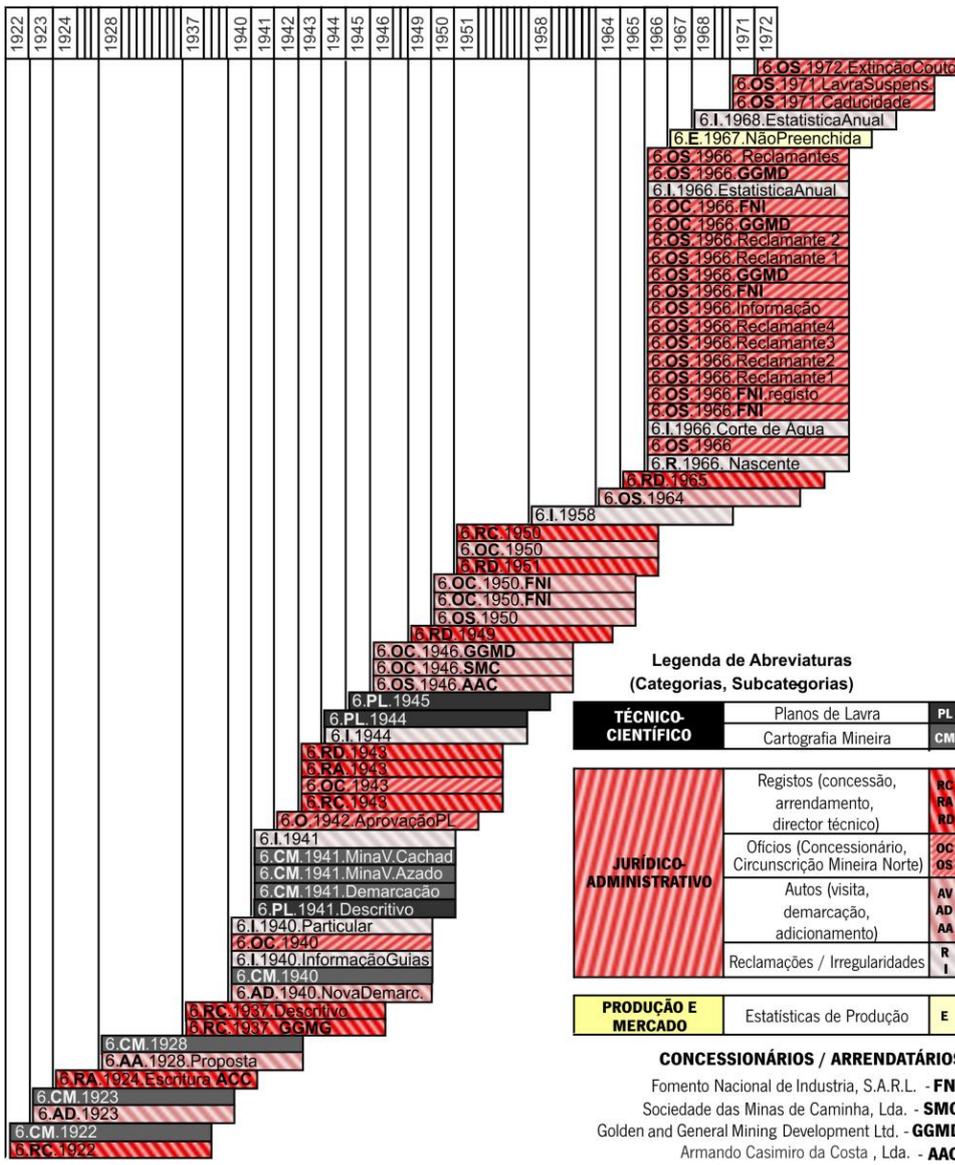
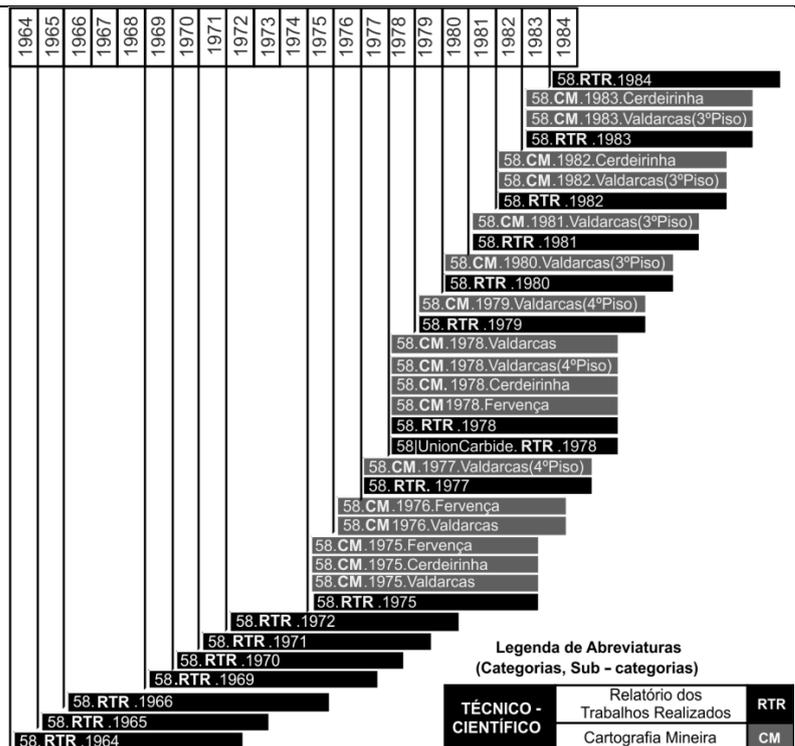


Figura IV.9. Diagramas sinópticos dos dossiers do couro mineiro de Dem (CMn.º6) e do couro mineiro de Valdarcas (CMn.º58).



Um outro aspecto que se pode constatar pelo *diagrama* é a quantidade de “irregularidades”. Estas irregularidades (I) e reclamações (R) relacionam-se com: 1) falta de guias de trânsito de minério (1940); 2) denúncias de particulares sobre as práticas de lavra (1940); 3) falta de pagamento de tributação ou multa (1941); 4) invalidade do concessionário (1958); 5) reclamação pelo prejuízo causado na serventia de água para rega e consumo e pela utilização de nascentes e cursos de água, sem a devida permissão (1966, 1968).

O *diagrama sinóptico* do CM n.º 58, de Valdarças, está inscrito entre 1964 e 1984, ano em que se suspendem os trabalhos mineiros (só em 1992 é que toda a área de concessão é revogada por despacho ministerial). Este *dossier* contrasta com o de Dem por integrar apenas documentos técnicos.

Pertenciam ao CM n.º 58 as concessões: “Cabeço do Meio Dia n.º 2”, “Cerdeirinha n.º 2”, “Costa do Lagido”, “Lapa Grande n.º 2”; “Monte Furado”; “Telheira n.º 2” e “Fraga”, “Fervença”, “Cerdeirinha” e “Valdarças”. As últimas quatro já tinham lavra activa e produção antes do período indicado no *diagrama*. Para as restantes não há produção declarada, individualmente ou integrada no CM.

A mina de “Valdarças”, antes de se constituir o CM, declarou os seguintes valores de tributação, em relação ao total declarado pelas minas da RMarga: (DG, 1919-1960 – IV.23 ANEXO): 7,2% (1952); 16,2% (1953); 27,9% (1954); 40,3% (1955); 53,9% (1956); 44,6% (1957). A mina “Cerdeirinha” apresentou para um período afim: 6,8% (1954); 15,6% (1955); 7,4% (1956); 15,1% (1957).

No período a que se reporta o *diagrama sinóptico*, os dados de produção (teores, minério bruto, concentrado), avançados nos documentos técnicos (RTR), dizem respeito ao conjunto das concessões tratadas na mesma sede (mina de Valdarças) e resumem-se na **Tabela IV. 6**

**Tabela IV. 6** Valores de produção declarada do CM n.º 58 – Valdarças (extraídos dos Relatórios de Reconhecimento Mineiro)

Ano	Minério Bruto total (ton)	Minério Concentrado (kg)		Teor médio (Kg/ ton)
		WO <sub>3</sub>	CaWO <sub>3</sub>	
1964	-	-	-	-
1965	7.100	34.630	720	-
1966	-	-	-	-
1969	10.141	65.239	16.736	-
1970	-	-	-	-
1971	6.005	36.574	-	3
1972	-	-	-	-
1973	-	-	-	-
1975	17.690	9.741	22.042	1,769
1977	18.575	22.930	4.745	1,5
1978	13.700	19.670	2.485	1,6
1979	21.333	28.639	7.202	1,68
1980	-	16.420	26.050	-
1981	12.500	11.030	18.290	-
1982	12.900	5.070	9.690	-
1983	11.800	3.530	11.400	-
1984	13.400	10.900	3.800	-

No *diagrama* indicam-se as concessões “Fervença”, “Cerdeirinha”, “Valdarças” e os pisos de extracção que contribuíram para o valor de produção do Couto Mineiro. Na mina de “Valdarças”, o 4.º piso foi explorado a partir de 1977, produzindo, essencialmente, scheelite; em 1980, a exploração do 3.º piso deu mais volframite (Erro! A origem da eferência não foi encontrada.6). Estas informações são coerentes com os dados recolhidos dos testemunhos orais. Pode deduzir-se que o abandono do 4.º piso se deveu ao elevado custo que era necessário suportar devido à bombagem da água. O acesso a este piso, além de oneroso, era considerado perigoso.

O carácter técnico dos documentos que constituem este *dossier* é muito saliente. Inclui: “*Relatórios dos Trabalhos Realizados*” (RTR) anuais, onde se dá conta do avanço dos trabalhos e produção e a “*Cartografia Mineira*” com traçados de galerias (Valdarcas, 4.º e 3.º pisos) e céus abertos (Fervença e Cerdeirinha).

Pelos dois exemplos apresentados na **Figura IV.9**, pode afirmar-se que um *diagrama sinóptico* se coaduna com uma análise comparativa, ou de contrastes, entre *dossiers* de concessões, entre documentos do próprio *dossier*, informações de produção declarada em Mapas de Liquidação dos Impostos de Minas e informações avançadas pelos testemunhos orais decorrentes das entrevistas a trabalhadores mineiros.

As informações que se apresentam com este formato facilitam a compreensão abrangente do processo mineiro, permitindo sugerir a certeza geológica das ocorrências mineiras e a viabilidade económica (percebendo limitações técnicas e irregularidades). O mesmo diagrama facilita a apreciação da massa crítica da comunidade que influenciou a mina, manifestando-se ou não sobre o impacte da actividade mineira (seja pelo aperto da fiscalização e controlo, seja pela expressão/reclamação popular, ou ainda pela atitude empresarial para com proprietários de terrenos ou nascentes).

Entre as contribuições mais relevantes viabilizadas pela representação dos *dossiers* sob este formato de *diagrama sinóptico* contam-se as seguintes: 1) suporte preliminar a actividades de prospecção em fase estratégica (reduzindo ou aumentando a importância inicial de antigas áreas concessionadas, pedidas para revisão e pesquisa, ou a sinalização de sectores com indícios mineiros cartografados no passado); 2) apoio à narrativa e reconstrução cronológica de factos associados à actividade extractiva entre uma comunidade ou associadas a um local que ainda conserve vestígios.

Nos documentos incluídos na categoria “jurídico-administrativa” podem reconhecer-se as subcategorias: “*Ofícios da CMNorte*” (OS), “*Autos de Visita*” (AV), “*Irregularidades*” (I) e “*Reclamações*” (R). Estes *dossiers* retratam processos mineiros em que a indicação de actividades extractivas (avanço de trabalhos, valores de produção) aparecem secundarizadas. É o exemplo do *dossier* mineiro do CM n.º6 – Dem.

Os *dossiers* com carácter mais técnico (**Figura IV. 9**), incluem as subcategorias “*Relatórios dos Trabalhos Realizados*” (RTR), “*Planos de Lavra*” (PL) e “*Cartografia Mineira*” (CM). Nestes documentos surgem, geralmente, referências sobre a geologia, mineralogia e paragéneses dos depósitos, das rochas hospedeiras, dos alinhamentos estruturais, das atitudes dos filões que serviam de base à proposta dos planos de lavra e escolha dos métodos de desmonte. De forma mais detalhada, determinados relatórios referem o avanço dos trabalhos, relatando custos de produção e valores de material desmontado e tratado, expedido ou conservado em stock pelo concessionário. Um exemplo é o *dossier* mineiro do CM n.º 58 – Valdarcas.

O tratamento de resultados da análise documental, além da organização em *diagramas sinópticos*, incidiu na selecção de informações específicas relativas à intervenção mineira na RMArga, cingindo-se apenas a documentos técnicos.

É de realçar o carácter cíclico da análise documental efectuada, com contributos a vários níveis, como sejam a preparação de entrevistas, a organização de *diagramas sinópticos* para *dossiers* exemplares, ou o reconhecimento funcional de vestígios mineiros em trabalhos de campo.

## IV.2.2. EXPLORAÇÃO MINEIRA – PRINCIPAIS MÉTODOS DE DESMONTE

Entre a documentação técnica consultada, foram seleccionados para uma análise mais detalhada os PL. A título de exemplo, **IV ANEXO**, apresentam-se transcrições de 25 documentos técnicos.

Os PL integram os pedidos de concessão desde o **Decreto de 30 de Agosto de 1982**. Pode dizer-se que todos os *dossiers* analisados apresentam esta documentação.

O conteúdo do PL incluía: **1)** condições do depósito (situação geográfica, acesso, geologia, minérios, gangas); **2)** descrição detalhada do método de exploração (ilustrada em plantas e perfis), indicando o sistema de ventilação, esgotos, formas de desmonte ou extracção, dimensões das galerias de acesso, entivação, revestimento, meios de transporte (interior e exterior); **3)** formas de tratamento (ilustrada em plantas de oficinas e diagramas de processamento dos materiais); **4)** orçamentos (referência a salários discriminados por tarefa, preços dos materiais e consumíveis).

As rúbricas **método de exploração** e **formas de tratamento** foram objecto preferencial da análise.

A identificação dos tipos de lavra/depósito-alvo, a partir daquela documentação, foi sintetizada na **Figura IV.10**. Distinguiram-se genericamente as abordagens a céu aberto e subterrâneas para depósitos primários das diferentes tipologias reconhecidas na região em estudo. A exploração de depósitos de tipo *placer*, na maioria das concessões, realizavam-se em simultâneo ou em complemento da produção nos depósitos primários.

### IV.2.2.1. Exploração Irregular – Actividade “Pilha”

As duas abordagens – a céu aberto e subterrânea – podem ainda reconhecer-se na RMArga, mas nem sempre são coerentes com os relatórios e Planos de Lavra.

A exploração não licenciada, nem controlada, é típica da RMArga. Teve lugar em diferentes períodos, coincidentes com picos de cotação dos minérios e metais. As áreas com mais elevada densidade de vestígios mineiros, em zonas não concessionadas, constam da **Figura IV.1**.

Estas intervenções caracterizavam-se pela proliferação mais ou menos caótica de pequenos desmontes e acumulações dispersas de estêreis.

Geralmente, iniciavam-se sobre índices superficiais (afloramentos filonianos e chapéus de ferro com mineralização evidente e em elevada concentração) e em depósitos detriticos aluvionares ou nos cursos de água.

No *Dossier 2976 - Lapa Grande*, encontram-se diversas referências ao cenário decorrente de actividades do tipo “pilha”, que podem ser tomadas como exemplo desta exploração:

*“Começamos por relembrar que esta infeliz região mineira de Covas, especialmente no caso da mina presente no local e proximidade da “Fraga”, durante anos tem sido objecto da mais furiosa exploração, ilegal, furtiva de que temos conhecimento. (...) E os inúmeros buracos, alguns com grandes bocarras escancaradas para o céu, dando ao conjunto o aspecto de enorme paliteiro, são bem uma típica “obra do pilha” (...)”*

(Informação sobre as Reclamações Contra o Pedido de Concessão, 1954)

*“(…) nesta região desencadeou-se a mais furiosa exploração furtiva, de que tivemos conhecimento, depois da última guerra mundial [Segunda Guerra Mundial]. Multidões em atropelo físico, da lei, da moral, das mais elementares regras de segurança atiraram-se dia após dia à pilhagem do minério. De nada valeu a nossa insistente intervenção, nem mesmo quando lançámos o último alarme de eminência do perigo. E contra o nosso aviso várias vidas se perderam. (...) Ficaram as indeléveis marcas do “pilha”, inutilizando boa parte do jazigo, jamais aproveitável. (...)”*

(Relatório de Reconhecimento da Mina, Soares Carneiro, 1954)

Este tipo de exploração dificultava o arranque da lavra concessionada, obrigando a uma primeira regularização do terreno para eliminar focos de insegurança e só depois era possível projectar PL que pudessem ser aprovados pela CMNorte. Em determinados casos, a existência destes desmontes, obrigava à exploração a céu aberto, ainda que esta não representasse o método mais adequado às características topográficas do terreno (ex. Valdarcas).

Também este tipo de exploração acarretava impactes ambientais: **1)** deterioração da paisagem; **2)** proliferação de focos de instabilidade geotécnica – em relevos positivos e negativos; **3)** assoreamento e desvio de águas de cursos ribeirinhos; **4)** penalização do arranque e sustentabilidade de uma estrutura mineira, regularmente concessionada, onde pudesse perspectivar-se emprego sustentável e a assistência social. As acções de pesquisa e prospecção ficavam também comprometidas:

*“Um melhor estudo dos trabalhos do “pilha” – ruínas efectuadas para a exploração – levou-nos à conclusão de que apesar de toda a boa vontade em pretender servir-nos deles para lavra futura, tal objectivo era impossível de atingir especialmente por se tornar perigoso o prosseguimento da exploração nos mesmos moldes. Até o simples estudo desse trabalho é já tarefa onerosa, difícil e perigosa, tal a confusão e a iminência de ruína que apresentam.”*

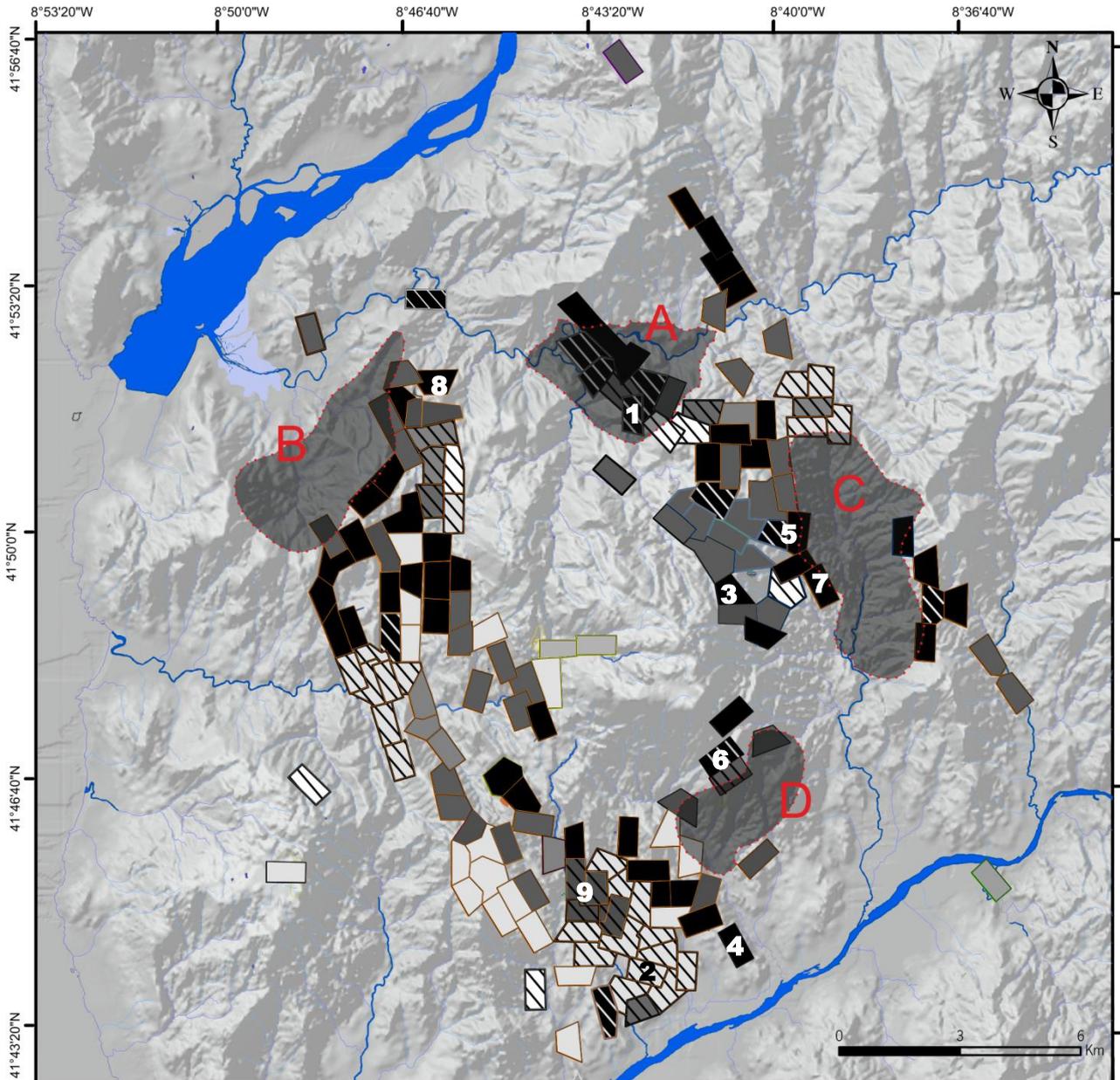
(Aditamento ao Plano de Lavra da Mina Lapa Grande, 1953).

O investimento industrial ficou comprometido em diversas situações pelo desenvolvimento de explorações furtivas. Na RMArga, os vestígios das explorações furtivas são mais visíveis nas zonas do Rio Coura (**Figura IV.10A**), das “Minas do Doutor Gavinha” à Senhora das Neves (**Figura IV.10B**), desde a Balouca ao vale do Rio Estorãos (**Figura IV.10C**) e em Santa Justa (**Figura IV.10D**). Outras zonas podem ainda ser referidas para o sector S e W do sopé da Serra de Arga, mas a proximidade ou sobreposição com as áreas concessionadas coloca alguns óbices à atribuição ao “pilha” dos trabalhos aí observados.

O eventual impacte positivo – a riqueza que poderia ter advindo pela mão das actividades do “pilha”, explorando em período de elevada cotação dos metais - não foi significativo. Segundo os dados recolhidos em entrevistas a antigos mineiros, a falta de gestão de lucros e investimento em melhores meios e técnicas, acabou por conferir pouco desenvolvimento às actividades mineiras e à própria região, salvo exemplos pontuais em que se verificou complementaridade entre a lavoura (agricultura ou pastorícia) e a lavra mineira.

#### IV.2.2.2. Exploração com Orientação Técnica – Escolha do Método

A escolha do método a adoptar – a céu aberto ou subterrânea – dependia muito da geomorfologia. O modelo digital, na base do mapa da **Figura IV.10**, auxiliou a interpretação e esclarecimento de algumas das abordagens adoptadas. As zonas de encostas declivosas impunham abordagens em subsolo e, eventualmente, a exploração dos cursos de água com acumulações eluvionares ou em leito vivo dos talvegues.



LEGENDA

**TIPO DE LAVRA / DEPÓSITO**

- Lavra em aluvião | eluvião (planícies fluviais circunscritas e cursos de água)
- Lavra em aluvião e em subsolo (dupla abordagem sistemática ou supletiva)
- Lavra em subsolo (segundo poços mestres ou galerias a flanco de encosta)
- Lavra a céu-aberto sobre o depósito primário (poço, trincheira e céu-aberto)

**CONCESSÕES MINEIRAS**

Substâncias exploradas

- |      |        |           |    |         |
|------|--------|-----------|----|---------|
| W    | Sn     | Sn Au     | Ti | Qz+Feld |
| W Sn | Sn(Ta) | Ta Nb(Au) | Fe |         |

**HIDROGRAFIA PRINCIPAL**

- Rios determinantes de Bacia (1ª Ordem)
- Linhas de água seleccionadas (2/3ª Ordem)

**Figura IV.10.** Tipo de lavra adoptada em cada concessão, segundo as “memórias descritivas” dos PL presentes nos dossiers mineiros das minas da RMArga. Índices esclarecidos no texto: Explorações a céu aberto: 1- Domo de Covas (Cerdeirinha – Lapa Grande) e 2- Vila Mou (Guilhufes-Rasas); Explorações subterrâneas com desmontes vazios: 3- Argas-Cerquido (Cavalinho – Cova dos Mouros); 4- Camaras e pilares de Corjães 5 - *Shrinkage-stopes* de Escusa; Explorações subterrâneas com enchimento parcial: 6- Degraus invertidos de Santa Justa; 7- Talhadas horizontais de Monteiro; 8- Talhadas horizontais de Cruz da Facha; Explorações subterrâneas com desmontes armados: 9- Armações e revestimentos mistos de Mata de Vila Mou, Alto da Mina e Pinhais.

Em zonas de planície, com vales colectores, ou em planaltos, com relevos condicionados pela erosão e diferenciação entre litologias e estruturas, a exploração foi feita a céu aberto, segundo sanjas e trincheiras sobre depósitos sub-aflorantes ou em cortas com frentes de desmonte extensas.

Os critérios na escolha do método de exploração atendiam a questões de segurança, economia e bom aproveitamento dos depósitos. Os riscos específicos associados a esta actividade envolviam: os desabamentos (do depósito a desmontar ou do encosto), escorregamento de escombros, deflagração de explosivos, toxicidade dos gases libertados, inundações e doenças, como a silicose (Soares Carneiro, 1961).

A economia e sustentabilidade da lavra dependiam do método de exploração adoptado e das características do depósito: forma, possança, inclinação e distribuição da mineralização útil, características mecânicas do material a desmontar e reservas prováveis.

A economia mineira, nos diversos relatórios, é reconhecidamente influenciada pelos encargos gerais de amortização do equipamento, custo da mão-de-obra, explosivos e energia (para iluminação ou equipamento com ar comprimido) e pelo consumo de materiais (madeira, ferro-gusa e outros) para entivação, assentamento de carris, manutenção de infra-estruturas e também pelas peças de substituição e, em alguns casos, pelos consumíveis utilizados no tratamento do minério.

O bom aproveitamento do depósito incluía proibição legal da lavra ambiciosa (exploração restrita das partes mais ricas, dificultando ou impossibilitando o aproveitamento ulterior das restantes).

A fiscalização nem sempre reconhecia todas as situações irregulares e frequentemente eram as reclamações e denúncias que davam conta das condutas “de rapina”. *Dossiers mineiros*, similares ao do CM de Dem (Figura IV.9) exemplificam este tipo de delacção, desencadeando diligências no sentido punitivo e da imposição de novo *Plano de Lavra*.

O equilíbrio dos três princípios fundamentais - segurança, economia e bom aproveitamento - e dos múltiplos factores de que dependiam, obrigava a um permanente ajustamento dos meios e das técnicas aplicadas na extracção. Na RMArga, o estudo dos *PL*, permitiu reconhecer a adopção de metodologias peculiares, procurando uma adequação peculiar aos diferentes tipos de depósitos.

As propostas apresentadas para o método de desmonte nem sempre eram aprovadas pela tutela. A CMNorte, após estudo destes planos, e ocasionalmente, emitia pareceres no sentido do ajustamento de métodos, por vezes na sequência de “Relatórios de Reconhecimento Mineiro”.

Na selecção dos métodos de exploração, os Directores Técnicos de então apresentavam uma fundamentação seguindo protocolos como os de Peele (1941). Outros termos de referência para a planificação da lavra, na primeira metade do séc. XX, foram obtidos de Grunér (1929), Seguiti (1939), Costa (1943), Mckinstry *et al.* (1948). Os esquemas e procedimentos técnicos suscitados nas obras destes Autores vão surgir em diversos *PL*, com terminologias adaptadas.

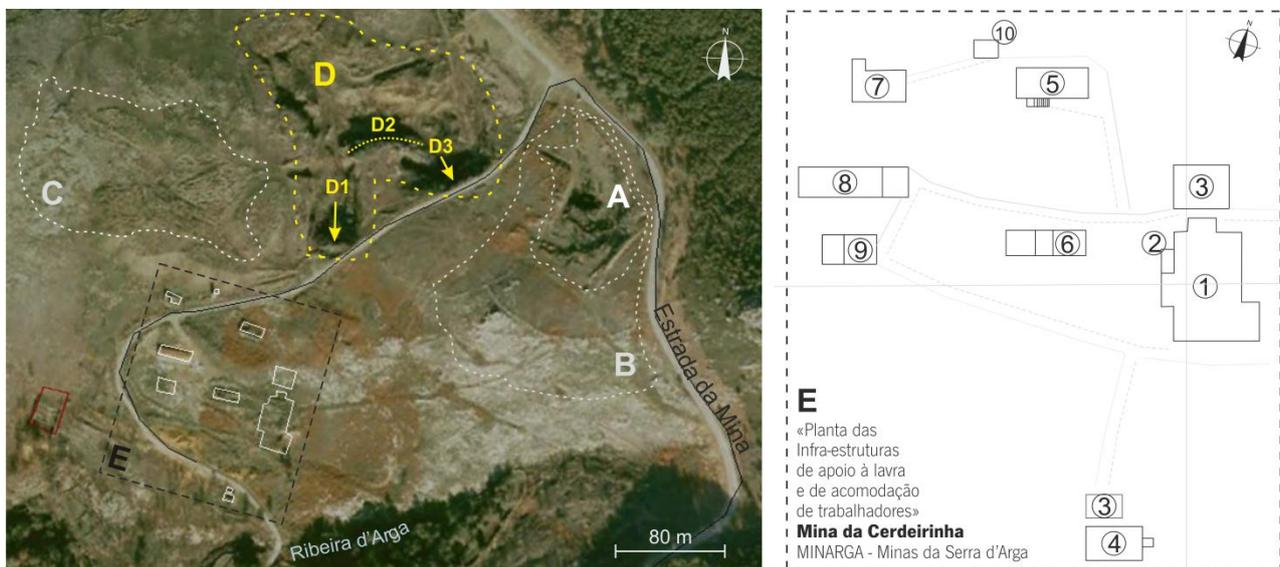
A classificação de **Peele (1941)** para os métodos de exploração incluía desmontes vazios (“*open stopes*”), desmontes armados (“*timbered stopes*”), desmontes com auto-enchimento provisório (“*shrinkage stopes*”, e “*filled stopes*”) e socavões com desabamento (“*caving method*”).

#### IV.2.2.3. Exploração com Orientação Técnica – Exploração a Céu Aberto

Na **exploração a céu aberto** o desmonte fazia-se a partir da superfície, por meio de bancadas horizontais. Extraía-se conjuntamente material mineralizado – designado ora por *minério bruto* ou por *tout-venant* – e ainda o material das “camadas” superiores de rocha encaixante (cobertura ou “*overburden*”). Este seria um dos métodos mais seguros e com melhor aproveitamento. Aplicava-se a depósitos pouco profundos, sub-horizontais e com maiores possanças. A remoção e deposição dos materiais de cobertura em zonas anexas eram operações que representavam encargos elevados, implicando uma negociação com os proprietários dos terrenos limítrofes, podendo chegar à expropriação litigiosa. A mina da Cerdeirinha (**Figura IV.10.1**) é um dos exemplos mais representativos deste tipo de exploração na RMArga.

Através de Imagens de Satélite (Flashearth - Microsoft Coop. 2009 ou Goolge Earth™, 2006) é possível atribuir uma função bem definida às edificações e escavações patentes nas mesmas imagens. Também se pode fazer uma boa interpretação do tipo de desmonte, bem como dos vestígios de infra-estruturas de apoio à lavra (**Figura IV.11**).

As funções das infraestruturas e os desmontes aí observados podem ser relacionados com os registos patentes nos PL e Relatórios de Trabalhos. Neste caso, a mina teve dois períodos de concessão distintos, em que as abordagens ao depósito variaram.



**Figura IV.11.** Exemplo de um desmonte a céu aberto – mina da Cerdeirinha (41°51'45''N, 8°42'29''W, Goolge Earth™ 7.0.3.8542, imagem captada a 30.Out.2006). **LEGENDA:** **A** – Trabalhos irregulares de grande envergadura sobre o chapéu de ferro, atribuídos à actividade do “pilha” (década de 1940); **B, C** – Trabalhos irregulares, pequenas sanjas e acumulados de estêreis dispersos, resultado de actividades de “pilha”; **D** – Céu aberto da Cerdeirinha, **D1** – Galeria de rolagem dirigida à lavaria (exploração da década de 1950), **D2** – Corta principal, últimas frentes de desmonte (exploração das décadas de 1970-80), **D3** – Direcção da galeria para pesquisa e sondagem (campanhas de prospecção 1960-1970); **E** – Zona de infra-estruturas de apoio à lavra e acomodação dos trabalhadores - reprodução da “Planta de Localização da Lavaria” da concessionária MINARGA - Minas da Serra d’Arga (1954): **1** - **Lavaria** (oficina de preparação mecânica de minérios); **2** - **Retretes**; **3** - **Tanques**; **4** - **Casa dos Motores**; **5** - **Casa da Direcção** (residência do pessoal técnico e administrativo); **6** - **Oficinas** (serralharia, forja, quarto do funcionário); **7** - **Refeitório** (cantina); **8** - **Dormitório** (caserna, armazém); **9** - **Carpintaria** (quarto do funcionário, garagem); **10** - **Arrumações** (galinheiro e depósito de lenha).

As duas galerias indicadas na **Figura IV.11** marcam essas duas fases: **D1** - acesso da frente de desmonte à lavaria (primeira fase, 1952-1956, concessionária MINARGA – PL em **IV.18 ANEXO**); **D3** – galeria de pesquisa que precedeu a lavra na segunda fase (1970, concessionária Geomina). No que respeita ao método de exploração, pode referir-se que, na década de 1980, na corta indicada pela frente D2, ocorreu desmonte a fogo e escavação com recurso a equipamentos móveis.

A mina da Lapa Grande, contígua à Cerdeirinha, é um outro exemplo de céu aberto, em que o método de desmonte se encontra bem ilustrado nos PL (**Figura IV.12, IV.19-20 ANEXO**). O desmonte fez-se por bancadas (com pequenas frentes de 2x3m). A encosta sujeita a intervenção tinha uma inclinação aproximada de 30°. O material extraído era deslocado para uma galeria de rolagem, situada na base da corta. Esta galeria desembocava numa *oficina de preparação mecânica*, ilustrada no corte CD da **Figura IV.12**.

A concessão foi arrendada na década de 1960, constando no *dossier* mineiro o “CONTRATO DE USO DE EXPLORAÇÃO” (1967), com o inventário de todo o acervo imóvel e móvel (**IV.22 ANEXO**). Esta listagem, designada de “*Nota especificativa dos prédios, máquinas, ferramentas e mais pertences existentes nas concessões mineiras denominadas ‘LAPA GRANDE’ e ‘CABEÇO DO MEIO DIA’*”, é um caso exemplar no que respeita ao detalhe da descrição. Trata-se de uma contribuição importante para a reconstituição do ambiente de exploração mineira. Os dados que inclui permitem compreender a disposição espacial e a funcionalidade das infraestruturas, cujos vestígios persistem, uma vez que são dadas indicações precisas de dimensão e materiais de construção de todas as infra-estruturas de apoio à lavra:

*“1 Prédio construído de pedra e cal, composto de R/C, coberto de telha, tipo marselha, com 24 m x 5,2 m e 9 divisões; (...) 1 Prédio construído em madeira, composto de R/C, com uma 5.ª parte em pedra, coberto de chapa de zinco, ondulada, destinado a oficina de serralharia, carpintaria, separadora, remoagem, forno para secagem de minérios, etc., com as seguintes dimensões: - Oficina de serralharia, carpintaria e forno: 11,10 m x 8 m; - Separadora: 8,3 m x 6,5 m; - Remoagem: 11,6 m x 11,6 m, com um total de 4 divisões; (...); - 1 Forno construído em tijolo, com porta em ferro, maçarico de aquecimento, a gás, depósito para o mesmo, situado na oficina de serralharia e carpintaria; (...); - 1 Muro de suporte, para contenção de areias e lodos, com 40 m de comprimento, 7 m de altura e 3,10 m de largo (...).”*

(“CONTRATO DE USO DE EXPLORAÇÃO” (1967), Lapa Grande, *Dossier* 2976)

No total, o inventário incluía: 6 construções (pedra, cimento e tijolo); 5 construções (madeira); 6 Tanques (1 de ferro); 1 cabine-posto de transformação eléctrica (7m de altura); 1 forno; Muro de sustentação (40m); Tubaria de cimento (aprox. 350m); 6 vagonetes (308m de carris); 7 equipamentos para fraccionação do material (britadores, moinhos, 2 adaptados pela concessionária); 13 equipamentos de classificação e concentração (mesas e 1 jiga construída pela concessionária); 6 motores associados a diversos equipamentos (ver especificação no **IV.22 ANEXO**).

Exemplos de desmonte a céu aberto com menor dimensão e, actualmente, menos reconhecíveis, dizem respeito aos Campos Mineiros de Vila Mou e Meixedo (**Figura IV.10.2**). Estes envolveram volumes de desmonte menor, feitos segundo valas e cortes sucessivos ou degraus direitos em talhões. Esta abordagem tanto se aplicava na lavra sobre depósitos sub-aflorantes, como na lavra de *placers*. Actualmente não há vestígios significativos nesta zona, dada a elevada pressão urbana e sobreposição de actividades agrícolas.

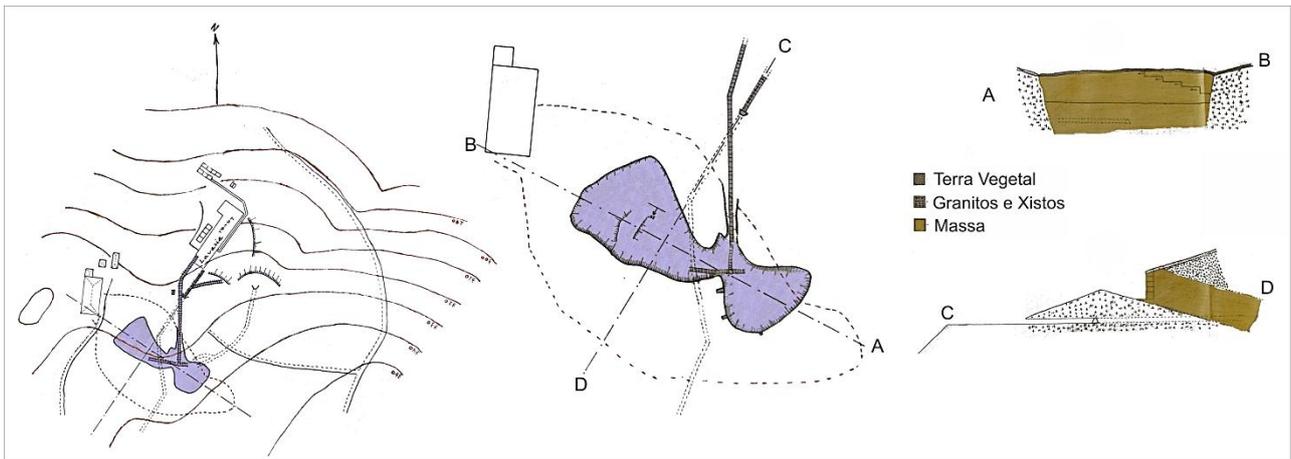


Figura IV.12. Desmonte a céu aberto, plantas anexas ao PL da Lapa Grande (1955) - memória descritiva no IV.19 ANEXO. A “massa mineralizada” é indicada a tracejado e tem uma forma elíptica; as dimensões são aproximadamente de 100/50m. O céu aberto indica-se a sombreado.

A exploração de *placers* foi realizada na RMArga de forma extensiva e empregando técnicas bastante rudimentares. O desmonte fazia-se pelo arranque de parcelas, vulgarmente designadas de “talhões”, com tratamento simultâneo em caleiras ou em engenhos, designados de *sluices*, que acompanhavam a frente de avanço (Figura IV.13).

Em bacias aluvionares, drenadas por cursos de água permanentes, o desmonte era feito em frentes contínuas, paralelas e no sentido contrário aos cursos de água. A terra vegetal da cobertura era removida em porções e recolocada posteriormente sobre os estéreis da lavagem. Desta forma, o terreno voltava à sua configuração original e função agrícola ou de pastorícia.

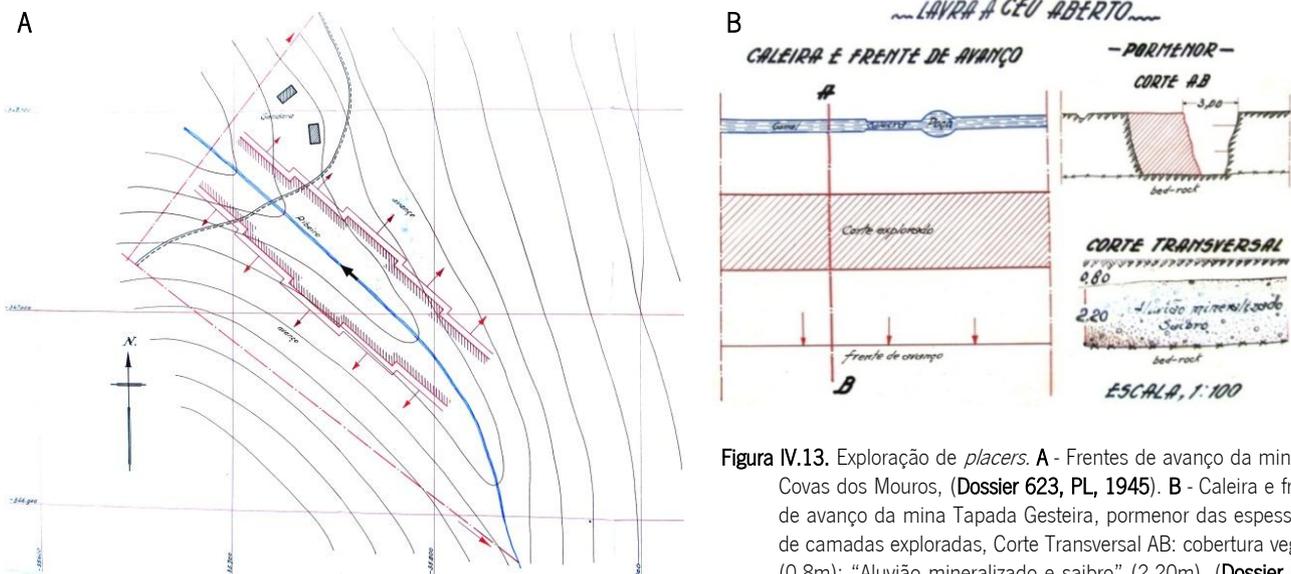


Figura IV.13. Exploração de *placers*. A - Frentes de avanço da mina de Covas dos Mouros, (Dossier 623, PL, 1945). B - Caleira e frente de avanço da mina Tapada Gesteira, pormenor das espessuras de camadas exploradas, Corte Transversal AB: cobertura vegetal (0,8m); “Aluvião mineralizado e saibro” (2,20m), (Dossier 610, PL, 1942).

#### IV.2.2.4. Exploração com Orientação Técnica – Exploração Subterrânea

A preparação e **traçagem** era uma componente da generalidade dos PL. No entanto, o reconhecimento de alguns dos casos no terreno, quando a descrição da traçagem implicaria a existência de determinado número de chaminés e galerias em direcção (Fonte do Cuco, Castelhão, Formigoso, Santa Justa), permitiu verificar que a divisão do depósito em

maciços, para desmontes parcelares, teria sido pouco desenvolvida. Este facto pode justificar-se pela dimensão reduzida dos depósitos, dificuldade de avanço por falta de melhores meios técnicos e mecanizados e, sobretudo, pela inconstância dos preços dos minérios (dependente das cotações de metais nos mercados internacionais). Os períodos, demasiado curtos, de actividade regular das explorações constituíam o principal condicionalismo ao desenvolvimento mineiro. Não se constata aqui o que aconteceu noutras regiões e centros mineiros, de que é exemplo a Panasqueira, onde se assistiu a uma adaptação de métodos de exploração, dos mais antigos não mecanizados até à “mecanização” iniciada em finais da década de 1950 (Melo Mendes, 1993).

As traçagens apresentadas nos PL, dependentes da atitude e possança dos jazigos e da orografia reflectem duas formas de abordagem: 1) em terrenos declivosos, desenvolviam-se com **galerias** em direcção ao flanco de encosta, dividindo o depósito por meio de chaminés; 2) em terrenos planos, iniciavam-se com **poços** de extracção ou poços mestre (Figura IV.14), a partir dos quais se abriam galerias travessas e outras chaminés.

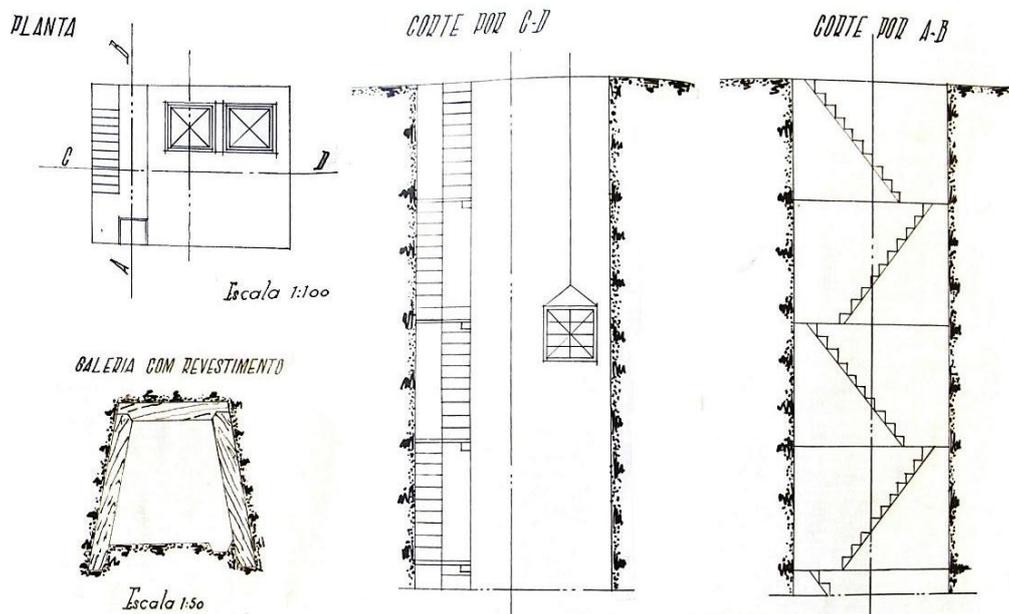


Figura IV.14. Poço de Extracção e modelo de revestimento das galerias da mina de Penedo do Outão (*Dossier 2640*, esquemas do Eng.º Armando Cesar Lopes Pimentel, PL, 1941). As dimensões convencionais dos poços, representadas pelas secções AB e CD seriam de 3 e 5m.

Na **exploração subterrânea**, quando realizada por **desmontes vazios**, não se recorria a estruturas de sustentação ou preenchimento das zonas desmontadas.

Um exemplo deste método encontra-se na exploração dos veios associados ao cisalhamento de Argas-Cerquido, onde restam galerias transitáveis, com secções visíveis de depósito e mineralização útil (Figura IV.10.3). Algumas das galerias que lhes correspondem foram descritas nos testemunhos orais transcritos no subcapítulo anterior: Cavalinho 1.º, 2.º e 3.º pisos; 4.º e 5.º pisos ou pólo Norte e pólo Sul; e ainda o 7.º piso, de rolagem. Todas estas galerias teriam correspondido a uma primeira fase de traçagem, se o desenvolvimento mineiro tivesse prosseguido.

Existe um levantamento topográfico e geológico destas galerias, feito na década de 1990, com referência de locais de amostragem. Corresponde a um programa de prospecção de minérios (Au-Ag e metais associados), levado a cabo pelos serviços do Estado (SFM) **Farinha e Rodrigues (1990-1993)**.

A **exploração por desmontes vazios** incluía os métodos por *câmaras*, *pilares abandonados* (curtos e compridos), métodos mistos (ex. *câmaras e pilares*) e ainda o desmonte por *degraus direitos* e *degraus invertidos*.

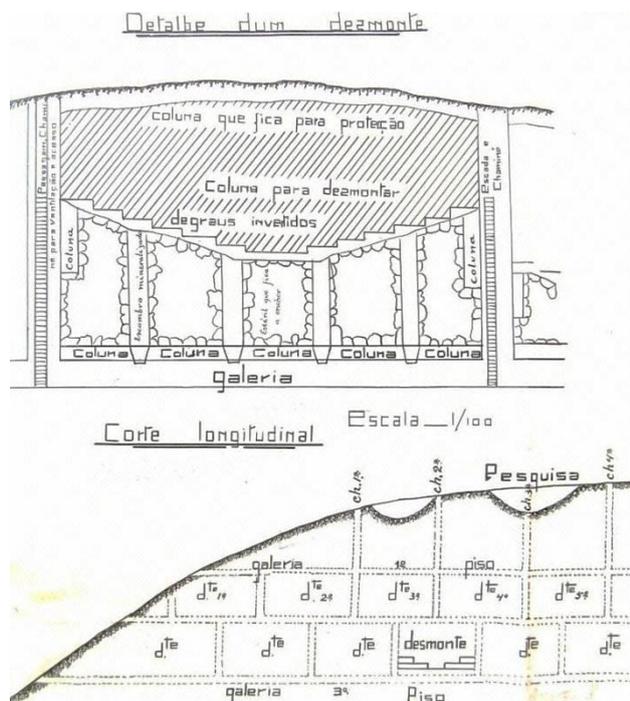
O método por **câmaras** consistia na abertura de vazios, designados câmaras, separados entre si por terreno estéril ou de fraca mineralização. Em associação com o anterior, ou de forma isolada, o método por **pilares curtos** empregava-se segundo galerias em ângulo recto, formando uma malha reticular até aos limites da área de exploração. Os pilares eram deixados para suporte do tecto, cuja secção ia sendo reduzida pelo alargamento posterior das galerias. Em alguns casos, procedia-se à exploração de pilares abandonados, substituindo-os por armações em madeira, estéril ou outros materiais. Este método por **câmaras** foi aplicado em depósitos sub-horizontais ou de fraca inclinação. Um exemplo na RMArga é o da mina de Corjães (*Dossier 2320, PL, 1948*), localizada na **Figura IV.10.4**.

O método por **degraus direitos** aplicava-se em depósitos inclinados, com fraca possança e com rochas hospedeiras coerentes.

O método por **degraus invertidos** era mais económico, mas realizado com menos segurança, mais comumente conhecido por método das “testeiras”. O desmonte avançava por degraus desde o tecto, com o mineiro apoiado em andaimes. Aplicava-se quando os depósitos eram muito inclinados, de fraca possança e com uma rocha encaixante coerente e de bom comportamento mecânico.

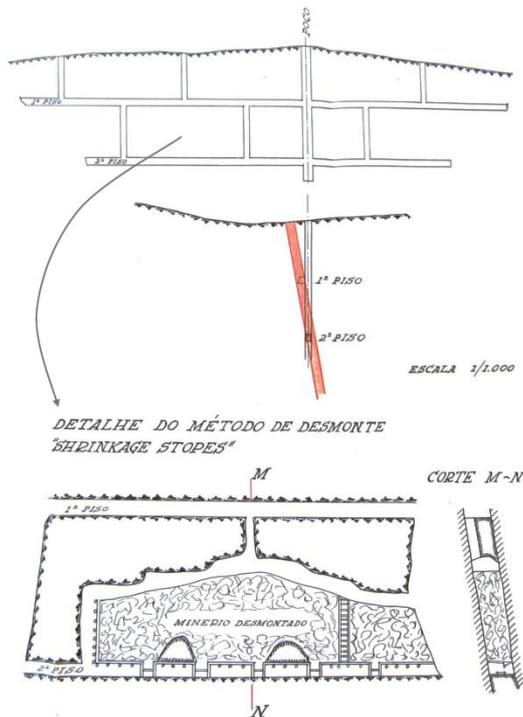
No terreno, a constatação destas escavações não foi sempre possível, por um lado porque a traçagem não era realizada tal qual era projectada, por outro, porque o enchimento posterior dos vazios, ou eventual aluimento e uso da escavação para outros fins, obliterou os vestígios do desmonte mineiro. Aqueles que surgem na **Figura IV.10** constituem exemplos de mais fácil reconhecimento.

Nas minas Serra de Santa Justa e Santa Justa n.º 2 (**Figura IV.10.6**) foi usado o método dos degraus invertidos. Os vestígios deste desmonte podem ser facilmente reconhecidos no terreno. As galerias a flanco de encosta estão parcialmente transitáveis e as zonas de desmonte do 1º piso terão atingido os trabalhos de superfície, realizados sob os afloramentos, segundo sanjas e trincheiras (**Figura IV.15**).



**Figura IV.15.** Detalhe de um desmonte por **degraus invertidos** (apoio com pilares provisórios) – mina de Santa Justa n.º 2, pela concessionária Mineira Santa Justa, **Dossier 2761, PL (1941)**.

Uma variante do método dos degraus invertidos foi o **desmonte por auto-enchimento provisório**, ou “*shrinkage stopes*”. Segundo este método, o depósito era desmontado em duas fases: 1ª) em avanço, o material desmontado era abandonado temporariamente em amontoados ou pilares de dimensões elevadas, servindo de suporte ao pessoal e às paredes; 2ª) no final do desmonte, retirava-se o *empolamento* pelo nível inferior, esvaziando-se a câmara através de entrespos ou chaminés de extracção (Simões Cortez, 1964). Os mineiros (marteleiro e ajudante) trabalhavam sobre esse material desmontado.



Quando o desmonte atingia o topo do depósito e se reconhecia a rocha encaixante, o material de enchimento provisório era removido com recurso a *colunas* (construídas com o estéril proveniente da escolha do material desmontado); ou pelo designado *semi-auto-enchimento provisório* (com avanço por chaminés de secção larga, com *auto-enchimento* suficiente para apoio do material, alternando com pilares que eram desmontados ao extrair o *auto-enchimento*). Exemplos deste método podem referir-se as minas de Escusa (Figura IV.10.5) e Cumieira nº1 (Figura IV.16).

Figura IV.16. Detalhe do método de desmonte “*shrinkage stopes*” partindo de um poço de extracção em galerias travessas. O depósito está sombreado a vermelho. Ilustração anexa ao PL de Cumieira nº1, *Dossier 2899* (1947).

Na **exploração subterrânea com enchimento**, o desmonte era seguido de enchimento com estéril. Utilizaram-se *frentes contínuas*, *maciços curtos*, *talhadas horizontais*, os *degraus direitos* e os *degraus invertidos*. Nas **frentes contínuas**, a traçagem era simplificada, com uma frente única e de longa extensão (50 - 200 m), seguindo a direcção da linha de maior declive relativamente à horizontal, ou em diagonal, para reduzir a inclinação da frente de avanço. No método dos **maciços curtos**, a divisão do depósito era feita em pequenos maciços independentes, nos quais se procedia ao desmonte e enchimento de pequenos cortes sucessivos.

O método das **talhadas horizontais** previa frentes com extensão de 5 - 10 m, avançando ao longo de cortes horizontais, seguindo-se o enchimento de cada corte. Este método foi usado nas minas de “Cruz da Facha” (Figura IV.10.8, detalhe na Figura IV.17) e de Monteiro (Figura IV.10.7). Nesta, o desmonte era feito por cortes ascendentes, com enchimento parcial, com recurso a pilares abandonados. O método aplicava-se aos filões de maior possança e de grande inclinação (verticais a sub-verticais).

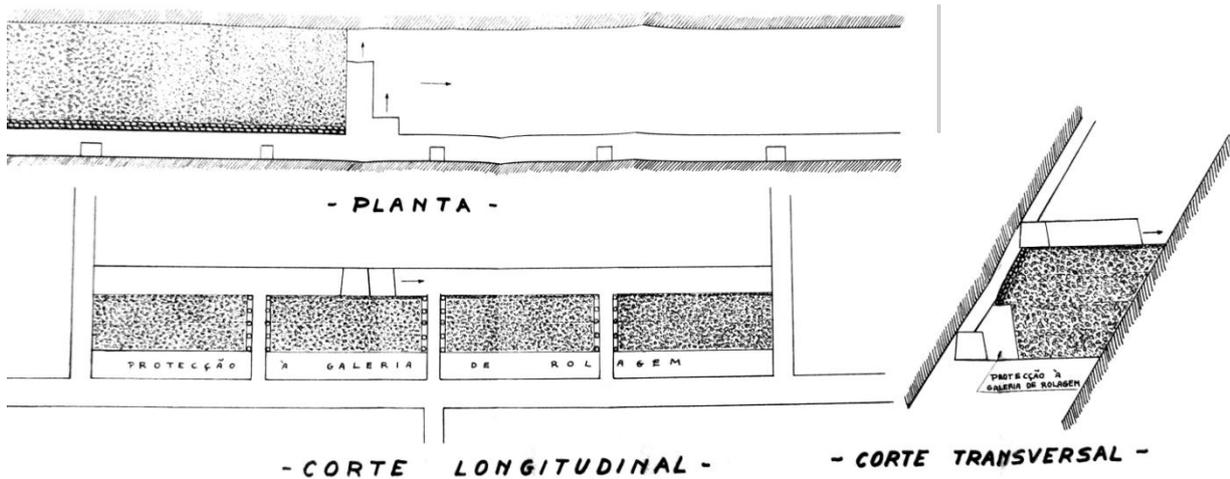


Figura IV.17. Detalhe do método de desmonte das talhadas horizontais, com enchimento. Ilustração anexa ao PL de Cruz da Facha, *Dossier 3371* (1965).

No avanço por **degraus invertidos**, ou “testeiras” de avanço, com enchimento simultâneo, o material saía por chaminés-tolva deixadas no meio do enchimento, com intervalos regulares. Este é o método referido mais vezes nos PL estudados. Aplicava-se em filões com reduzida possança e rocha encaixante coerente.

A figura seguinte ilustra um avanço convergente para a chaminé de extracção, descendo o material desmontado ao piso de rolagem, por onde era escoado. O piso superior servia para o acesso e a boa ventilação.

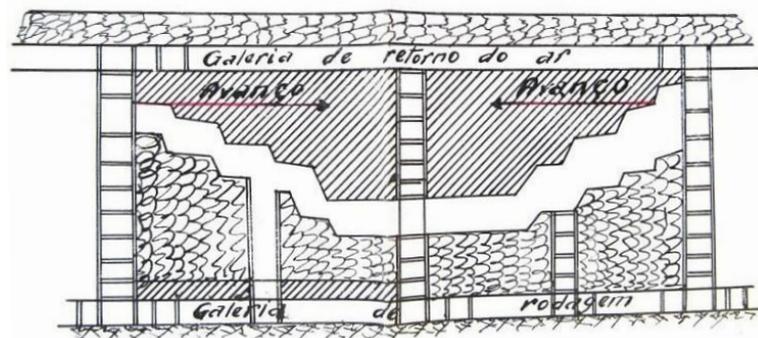


Figura IV. 18. Detalhe do método de desmontes por degraus invertidos com enchimento simultâneo, representação anexa ao PL do Couto Mineiro de Dem, *Dossier CM6* (1940)

A **exploração subterrânea com desmontes armados** recorria à sustentação do tecto ou hastegal por meio de estruturas regulares de madeira, metal ou mistas. Os principais métodos de sustentação podiam incluir :

- **troncos** (estroncas ou pontaletes),
- **pilhas** (ou casteletes de madeira, equidistantes entre si e formados por pares de toros paralelos e sobrepostos, com uma disposição cruzada),
- **quadros rectangulares** (estrutura de cubos sucessivos formados por quadros rectangulares). Esta forma de exploração applicava-se a depósitos sub-horizontais e de possança reduzida.

Nas minas Mata de Vila Mou, Alto da Mina, Pinhais (**Figura IV.10.8**), foram realizados desmontes armados com madeiras de pinho (15-20cm diâmetro) – escorados ou em pilha; algumas galerias travessas eram revestidas com quadrados completos ou em determinadas zonas eram aplicadas soleiras e feita a sustentação com pontaletes e estroncas (toros de 10-20cm). Fazia-se também armação de chaminés com costaneiras grossas com forragem completa ou parcial. Esta forma de traçagem era usada, em depósitos de possança média, com materiais muito frágeis (horizontais a sub-horizontais) e com rocha encaixante também pouco coerente.

Em vários *dossiers*, relativos às concessões de Vila Mou e Meixedo, encontram-se registos de ocorrência de colapsos devido à degradação dos materiais da armação, suporte ou entivação de galerias, acentuada pela humidade e inundação frequente dos trabalhos subterrâneos. Os documentos em que se reconheceram estes problemas são do tipo “*Reclamações*” e “Autos de Acidentes de Trabalho” associados às minas de Pinhais, Alto da Mina e Mata de Vila Mou (**Dossiers 1484, 1485 e 1486**). Indicações semelhantes foram colhidas nas entrevistas a antigos trabalhadores.

No terreno ainda é possível reconhecer determinados aluimentos e subsidências dos vazios de explorações subterrâneas com desmontes armados, em zonas específicas, tais como: taludes de estrada (desníveis associados a sanjas), campos de cultivo (zonas de depressão isoladas), zonas de floresta (inclinações de árvores, abatimentos de muros).

Pelos motivos expostos, das explorações assim desenvolvidas não restam vestígios preservados. O emprego deste método de desmonte estaria associado a outras abordagens, como a exploração a céu aberto no caso das minas de Vila Mou e Guilhufes (**Dossiers 2466 e 3247**) assinaladas na **Figura IV.10.2**.

Outro método de **exploração subterrânea**, de maior envergadura, era o que se fazia **por desabamento**. Uma referência sobre os seus fundamentos teóricos e variantes encontra-se em **Simões Cortez (1965)**. Entre os PL consultados, não há registo deste método de exploração.

#### IV.2.2.5. Exploração com Orientação Técnica – Contributo da Prospecção

Na generalidade das minas que integram a RMArga, a exploração sucedeu a acções de pesquisa superficial. Como vem sendo referido, os trabalhos realizados em actividades irregulares sustentavam os pedidos de concessão e as limitações dos avanços eram determinadas por condicionantes tecnológicas.

São poucos os casos em que o concessionário recorre a novas acções de prospecção, com alcance situado para lá dos índices estritamente superficiais. Podem mencionar-se as Minas de Ponte de Lima (MIPOLI e Entreposto Mineiro do Minho, já sob a representação do “Grémio dos Industriais de Ourivesaria do Norte” (actual Associação de Ourivesaria e Relojoaria de Portugal), na década de 1980 (**Dias de Carvalho, 1986**). As acções de prospecção, levadas a cabo pelo SFM em todas as minas daquelas concessionárias, incluíram geoquímica e mineralometria.

O CMValdarcas pode ser referido como exemplo de orientação da lavra com base em acções de prospecção segundo sondagens (Figura IV.19). Esse contributo teve repercussões na selecção de métodos de desmonte, direcção e profundidade dos trabalhos.

A lavra na mina de Valdarcas decorreu a céu aberto até à década de 1950. Posteriormente, projectou-se nova abordagem que geralmente se aplicava aos depósitos filonianos. Tratava-se de um método misto entre o *shrinkage* e os *pilares abandonados*. Segundo Simões Cortez (1964), tentava-se remediar a falta de selectividade do *shrinkage*, intercalando *pilares de enchimento* (ou pilares abandonados) em zonas estéreis ou com irregularidades de possança. Estes pilares eram constituídos com estéril proveniente de uma escolha grosseira do desmonte, ou do seu arranque isolado, alternadamente com o do minério. Este método de exploração, aplicado até meados dos anos 1960, revelou um ineficiente aproveitamento dos depósitos.

As limitações técnicas, quer na traçagem, quer no desmonte, aliadas à complexidade do depósito, levaram a concessionária a solicitar ao SFM uma campanha de sondagens a partir das galerias do 2.º piso. Os resultados desta campanha encontram-se em Barreto de Faria e Ribeiro (1967).

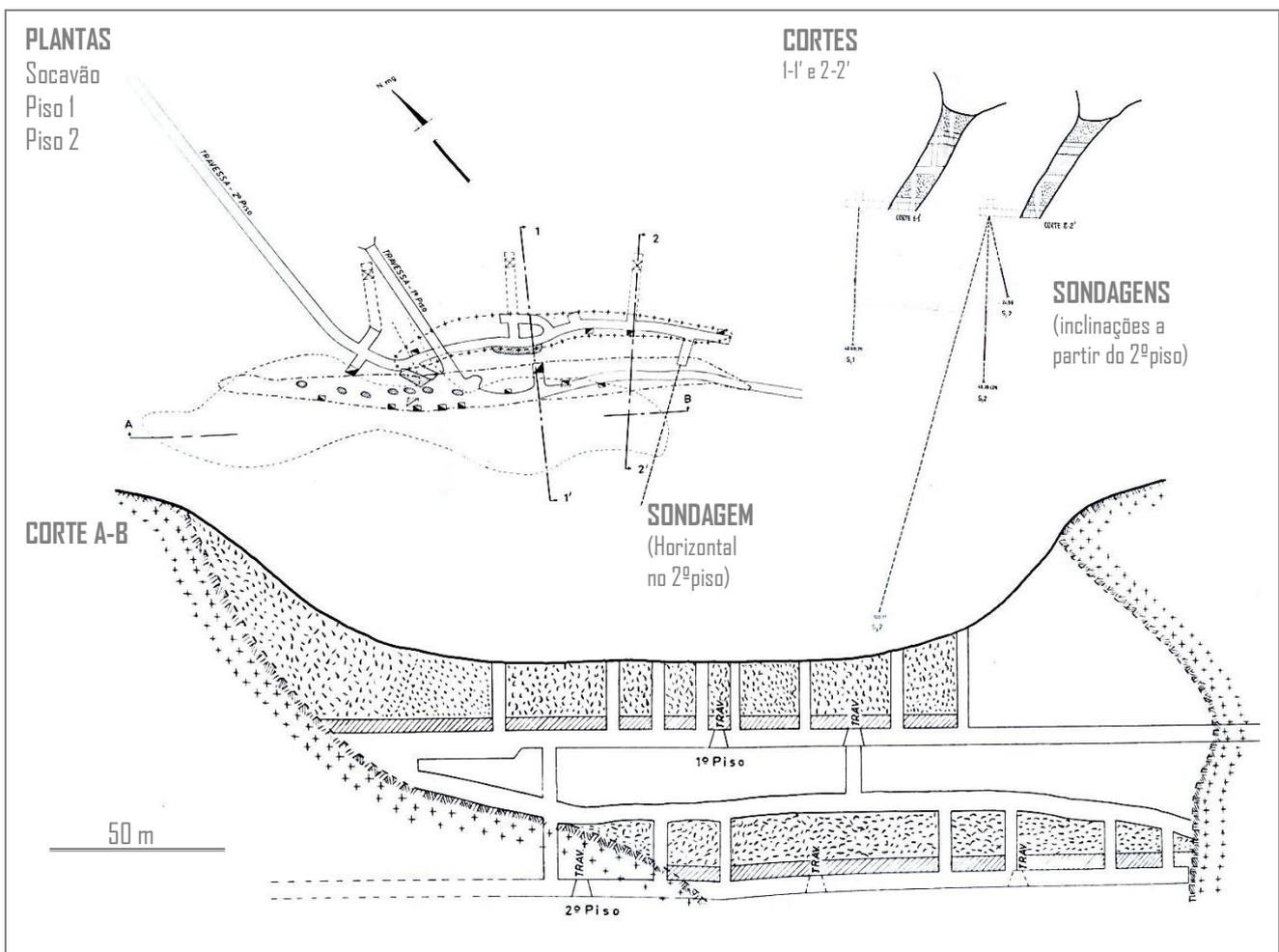


Figura IV.19. Planta e cortes do sistema de galerias de Valdarcas no ano de 1967. Ilustração adaptada do Relatório da Campanha de Sondagens do SFM, escala 1/500. (Sondagens S1'1; S2'1; S2'2, S1'2 e horizontal - descrição das carotes em Barreto de Faria e Ribeiro (1967)

Nessa fase, já em plenos anos 1960, o avanço dos trabalhos na mina de Valdarcas era equacionado em profundidade – até então tinham-se desmontado dois pisos abaixo do céu aberto (**Figura IV.19**). A opção apresentava problemas de drenagem e a continuidade das “massas mineralizadas” parecia cessar no piso 2.

Os resultados daquela campanha apoiaram a abertura de uma travessa em flanco de encosta com 200m de extensão – intersectando o depósito abaixo do 2.º piso. Na análise dos testemunhos de sondagem confirmou-se também a mineralização em volframite, circunscrita em níveis de quartzo com sulfuretos, com possança reduzida (15cm), bem como o aumento do teor em scheelite, na zona quartzo-pegmatítica, a tecto da formação pirrotítica (**Ribeiro, 1966**).

Com base nas sondagens realizadas (indicadas na **Figura IV.19**), foi possível indicar reservas na ordem das 75.000 t, 40.000 das quais com elevado grau de certeza (**Barreto de Faria e Ribeiro, 1967**).

A mina de Valdarcas atingiu a cota do rio Coura, em 4 pisos subterrâneos. O acesso ao 4º piso era feito por plano inclinado desde o 3º piso. O modelo tridimensional das galerias é apresentado em item próprio do Capítulo V. A exploração subterrânea em Valdarcas foi realizada até 1982. A partir desta data, este método de exploração tornou-se economicamente insustentável devido a problemas de drenagem dos pisos inferiores e ao elevado custo energético dos equipamentos eléctricos, explosivos e combustíveis, usados no desmonte e transporte.

A prospecção sistemática neste CM e ocorrências limitrofes prosseguiu sob a orientação dos SFM (**Rocha Gomes, 1970**). Um dos resultados com maior repercussão produtiva disse respeito à mina da Fervença em que se verificaram anomalias magnéticas significativas, respeitantes a uma ocorrência de elevado teor, mas inteiramente desmontada a céu aberto.

Uma das primeiras interpretações geológicas, com base em levantamentos geofísicos, deste tipo de ocorrências encontra-se em **Rocha Gomes e Alvoeiro de Almeida (1971)** e **Rocha Gomes (1985 a-d)**. Estudos preliminares tinham sido iniciados por **La Cueva e Ramos (1959)** e **Almeida e Ribeiro (1968)**.

Destes estudos resultou a exploração completa, a céu aberto, da massa mineralizada de Fervença.

A prospecção nas concessões do CMValdarcas, bem como na concessão de Lapa Grande, foi ainda desenvolvida por empresas estrangeiras: Metalimex (1970-1973) na Lapa Grande (**Dossier 2976**) e Union Carbide, (1973-1979) no CMValdarcas (**Dossier CM58; Rocha Gomes, 1979**). A colaboração destas empresas viria resultar em grande benefício para as concessionárias e numa melhor exploração dos depósitos.

Em síntese, a intervenção mineira com orientação técnica incluía as seguintes fases/condições de exploração: 1 - Preparação e traçagem do depósito; 2 - Desmonte ou extracção; 3 - Manutenção dos trabalhos (entivação e esgoto); 4 - Transporte dos materiais desmontados; 5 - Ventilação; 7 - Iluminação. Na **Tabela IV.7** apresenta-se uma síntese das formas de intervenção mineira (técnicas, equipamentos e ferramentas) coligidas dos *PL* e outros documentos técnicos afins que integram os *dossiers mineiros* da RMArga.

**Tabela IV.7.** Abordagens técnicas, equipamentos e ferramentas utilizados nas diferentes fases da exploração mineira. A terminologia respeita a que aparece nas memórias descritivas dos PL e outros relatórios técnicos consultados nos *dossiers* mineiros da RMArga.

FASES	PROCESSOS E OPERAÇÕES	MINAS (exemplos)		
1 - Preparação e traçagem	Desflorestação e remoção de solos de cobertura	Monte do Formigoso		
	Poço-mestre vertical ou inclinado (2,5-4 x 2-3m), compartimentado para extracção e acesso de pessoal/equipamento ( <i>skipe</i> - jaula, cubas, tubagem de esgoto, ar comprimido, etc.) Galerias de traçagem, travessas, de nível ou direcção, em flanco de encosta (1,8x1,4x1m - altura x base x tecto) Galerias de rolagem (2x1,8m) - perfil em abóboda (encaixantes consistentes); perfil trapezoidais (1,8x1,6x1m)	Fonte do Cuco Alto da Bouça das Freiras		
2 - Desmonte	Chaminés de traçagem, de acesso do pessoal e equipamento (1,8x1m) Chaminés-tolva (1x0,9m)	Fonte Nova Regueira Amieira		
	Subterrâneo	Degraus invertidos ou “testeiras” de avanço convergente ou divergente (em filões com possança <1,5m)	Enchimento simultâneo de vazios Maciços e pilares abandonados	Santa Justa n.º2 Corjães
		<i>Shrinkage stopes</i> por cortes horizontais	Com e sem enchimento de vazios	Cumieira-Escusa
	Céu aberto	Talhas horizontais ascendentes (em filões com possança > 1,5m)	Enchimento e pilares abandonados	Monteiro
		<i>Combinação de diversas abordagens</i>	Enchimentos e maciços de protecção	Cruz da Facha
	Degraus direitos com bancadas de dimensões ± precisas Valas e cortes sucessivos ou degraus direitos em talhões (lavra de <i>placers</i> )		Monte do Formigoso Meixedo	
3 - Entivação	Madeiras de pinho (15-20cm diâmetro), em quadrados completos ou chapéus e soleiras, em <i>portaletes</i> e <i>estroncas</i> , Toros (10-20cm) na armação de chaminés e costaneiras grossas na forragem e no capeamento/chapéus de galeria	Alto da Mina		
4 - Transporte	Horizontal	[Extracção e enchimento] - manual (pás, baldes, <i>padrolas</i> , carrinhos de mão, caixas sobre tábuas)	Castelhão	
		[No interior das galerias e destas para a lavaria] - manual (carrinhos de mão) em vagonetes, sobre carris <i>Decauville</i> (bitola 0,6cm)- com ou sem guinchos mecânicos	Generalidade Valdarcas Lapa Grande	
	Vertical	Em <i>skipes</i> e <i>sarilhos</i> manuais ou mecânicos, com cabos de aço Em <i>cubas</i> e <i>guincho</i> mecânico, com cabos de aço	Ínsua n.º1 Bouça d'Água	
5 - Esgoto	Natural pelas galerias com valetas de pendor (2- 6%) para o escoamento; Bombagem manual e <i>baldeamento</i> Bombagem mecânica com sistemas de motor-bombas	Tapada Gesteira Boavista Mata de Vila Mou		
6 - Ventilação	Natural promovida pela diferença de nível das entradas das galerias e respectivas chaminés Forçada ou induzida por sistemas de portas ou postigos	Cumieira Chãos		
7 - Iluminação	Natural e de Gasómetros com chama de acetileno (reacção de carbureto e água) “Pedras de carbureto” fornecidas pela concessionária	Generalidade Penedo do Outão		
	Electrificada (em pisos superiores ou em galerias de rolagem)	Valdarcas		

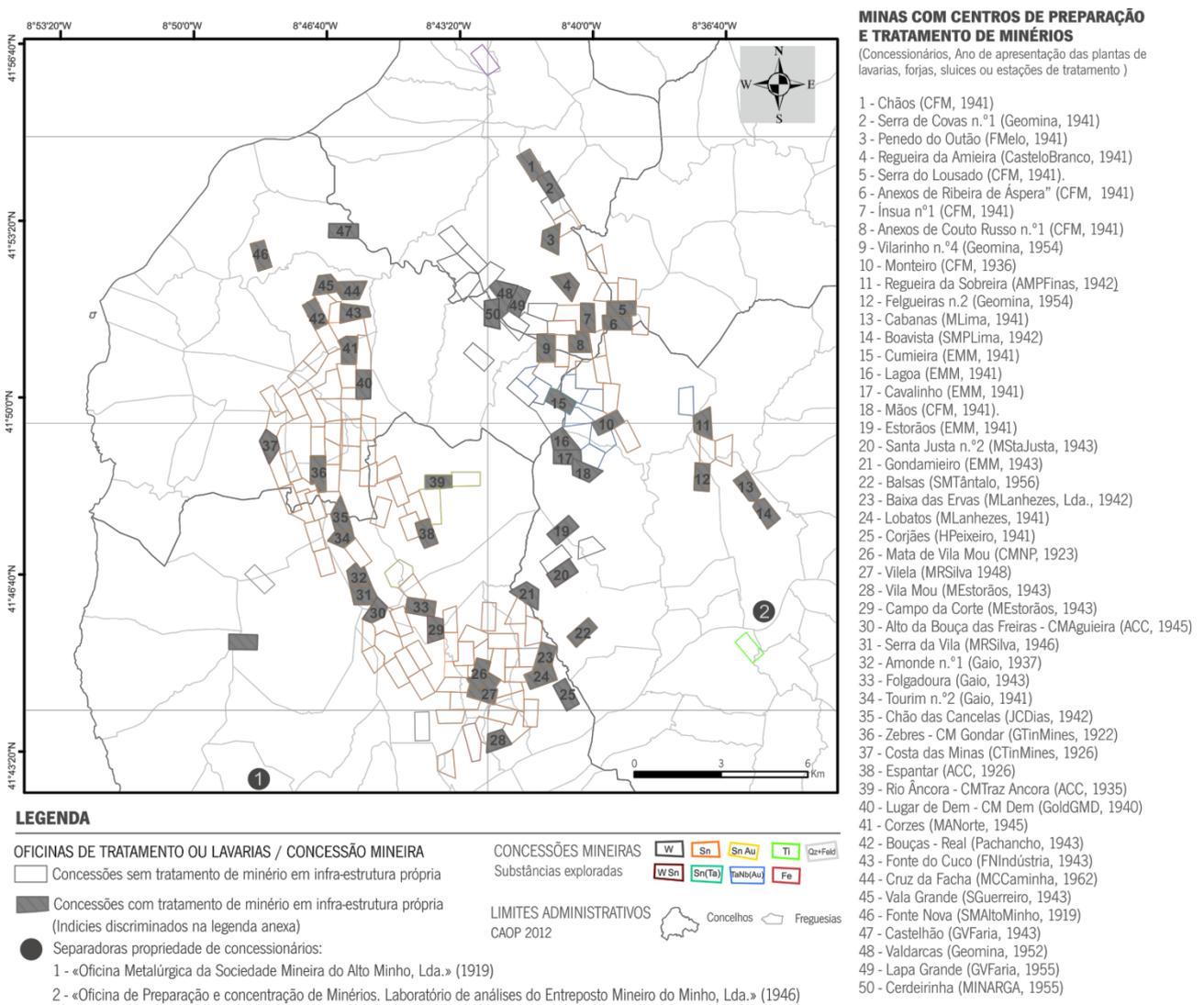
#### IV.2.3. PROCESSAMENTO E TRATAMENTO DO MINÉRIO – OFICINAS E ESCOMBREIRAS

As formas de tratamento dos materiais desmontados ou desagregados – depósitos primários ou *placers* – foram determinantes no desenvolvimento e distribuição espacial das actividades de exploração mineira e, bem assim, na modelação da paisagem e organização do espaço rural, que ainda hoje persiste.

A selecção de zonas para tratamento de minérios dependia da existência de cursos de água, de leves pendores para instalação de engenhos e pequenas máquinas em circuito de tratamento e dependia também da proximidade e acesso às bocas da mina.

As oficinas de preparação e tratamento de minérios, que constam dos *dossiers mineiros*, estão localizadas na **Figura IV.20**. Alguns elementos de identificação e reconhecimento no terreno estão sumariados na **Tabela IV.8**.

Relativamente ao tratamento de minérios, abordado na perspectiva da caracterização do funcionamento mineiro, atendeu-se ao enquadramento legal das instalações propriamente ditas e procurou-se identificar operações e equipamento utilizado. A evolução (adaptação/ampliação) de algumas oficinas de tratamento será um aspecto a salientar e, de igual forma, a menção a resíduos e efluentes que possam ter sido gerados, causando impacte sobre o meio ambiente, o qual pode ter subsistido até aos nossos dias.



**Figura IV.20.** Localização na RMArga das oficinas de preparação e tratamento de minério, vulgarmente designadas por lavarias. Índices referentes à concessão mineira, com indicação abreviada da concessionária que apresentou a planta de lavaria e/ou diagrama de processamento de minério - explicitação na **Tabela IV.8**.

**Tabela IV.8.** Referências das oficinas de preparação e tratamento de minérios que terão existido na RMArga: **Índice** igual ao da **Figura IV.20**; **Concessão** em que terá existido oficina, a negrito indicam-se sedes de tratamento de várias minas; **Concessionária** proponente do plano de lavaria; **Ano** a que se refere a planta da lavaria; **Director Técnico** que assina a planta; **Similares** - índices das oficinas ou engenhos com plantas iguais; **Estado Actual** - relativamente conservado (++)+; ruinoso (-); não reconhecido (x); duvidoso (?).

Índice	Concessão Mineira	Concessionária (proponente da Lavaria)	Ano	Director Técnico (Autor da Planta)	Similares	Estado
1	Chãos	Compagnie Française des Mines	1941	Augusto Barata da Rocha	5,7,18,47	x
2	Serra de Covas n.º1	Geomina	1941	Artur Mendes Costa		?
3	Penedo do Outão	Ferreirinhas & Melo	1941	Armando Lopes Pimentel		-
4	Regueira da Amieira	Castelo Branco & C.ª	1941	Óscar Gaspar Neves		?
5	Serra do Lousado	Compagnie Française des Mines	1941	Augusto Barata da Rocha	1,7,18,47	-
6	Ribeira de Áspera (forja)	Compagnie Française des Mines	1941	Augusto Barata da Rocha	8	-
7	Ínsua n.º1	Compagnie Française des Mines	1941	Augusto Barata da Rocha		-
8	Couto Russo n.º1 (forja)	Compagnie Française des Mines	1941	Augusto Barata da Rocha	6	-
9	Vilarinho n.º4	Geomina	1954	Manuel Silva	12	?
10	<b>Monteiro</b>	Compagnie Française des Mines	1936	Augusto Barata da Rocha		-
11	Regueira da Sobreira	Mineira das Pedras Finas	1942	Arsénio Nunes da Fonseca		x
12	Felgueiras n.2	Geomina	1954	Manuel Silva	9	?
13	Cabanas	Mineira do Lima	1941	Quirino José Salgueiro Machado	27,45	+
14	Boavista	Sociedade Mineira de Ponte de Lima	1942	Augusto Nascimento da Fonseca Jr		?
15	Cumieira	Entrepósito Mineiro do Minho	1941	José Augusto Silva Duarte	16,21,32,33,34	-
16	Lagoa	Entrepósito Mineiro do Minho	1941	José Augusto Silva Duarte	15,21,32,33,34	+
17	Cavalinho	Entrepósito Mineiro do Minho	1941	Quirino José Salgueiro Machado	19	+
18	Mãos (anexos)	Compagnie Française des Mines	1941	Augusto Barata da Rocha	1,5,7,47	-
19	Estorãos	Entrepósito Mineiro do Minho	1941	Quirino José Salgueiro Machado	17	?
20	Santa Justa n.º2	Mineira de Santa Justa	1943	Waldemar Santos Portela Coelho		+
21	Gondamieiro	Entrepósito Mineiro do Minho	1943	Quirino José Salgueiro Machado	15,16,32,33,34	-
22	Balsas	Sociedade Mineira do Tântalo	1956	Mário Duarte Palhota	28,29	?
23	Baixa das Ervas (sluice)	Mineira de Lanhezes	1942	Quirino Salgueiro Machado	24,25,31	x
24	Lobatos (sluice)	Mineira de Lanhezes	1941	Quirino Salgueiro Machado	23,25,31	x
25	Corjães (sluice)	Hermínio Peixeiro	1941	Quirino Salgueiro Machado	23,24,31	x
26	Mata de Vila Mou	Companhia Mineira do Norte de Portugal	1923	António Adriano Rodrigues		++
27	Vilela	Machado Ribeiro da Silva	1948	Quirino Salgueiro Machado	13,45	x
28	Vila Mou	Mineira de Estorãos	1943	Carlos Lima Ayres	22,29	?
29	Campo da Corte	Mineira de Estorãos	1943	Carlos Lima Ayres	22,28	?
30	<b>Alto da Bouça das Freiras</b> (Couto Mineiro da Agueira)	Armando Casimiro da Costa	1945	António Teixeira Pinto		-
31	Serra da Vila (sluice)	Machado Ribeiro da Silva	1946	Quirino Salgueiro Machado	23,24,25	x
32	Amonde n.º1	Manuel Passos Silva Gaio & Lídia Gouveia Silva Gaio	1937	António Pacheco Almeida	15,16,21,33,34	?
33	Folgadoura	Manuel Passos Silva Gaio & Lídia Gouveia Silva Gaio	1943	António Pacheco Almeida	15,16,21,32,34	x
34	Tourim n.º2	Manuel Passos Silva Gaio & Lídia Gouveia Silva Gaio	1941	António Pacheco Almeida	15,16,21,32,33	x
35	Chão das Cancelas	José Cândido Dias,	1942	Custódio Ferreira Costa Guimarães		x
36	<b>Zebres</b> (Couto Mineiro de Gondar)	The Gondar Tin Mines	1922	Benjamim William Francis Whittaker		-
37	Costa das Minas	The Caminha Tin Mines & C.ª	1926	Joaquim Torquato Alveres Ribeiro		?
38	Espantar	Armando Casimiro da Costa	1926	Custódio Ferreira Costa Guimarães		?
39	<b>Rio Âncora</b> (estação) (Couto Mineiro de Traz Ancora)	Armando Casimiro da Costa	1935:	António Teixeira Pinto		x
40	<b>Lugar de Dem</b> (Couto mineiro de Dem)	Gold General Mining Development	1940	Augusto Nascimento da Fonseca Jr.		-
41	Corzes	Minero-Agrícola do Norte	1945	António Teixeira Pinto		++
42	Bouças - Real	PACHANCHO	1943	Eugénio Terra da Motta		?
43	Fonte do Cuco	Fomento Nacional da Indústria	1943	Mário Bettencourt		x
44	Cruz da Facha	Mineira Central de Caminha	1962	Manuel Eduardo Ribeiro Silva		x
45	Vala Grande	Santos Guerreiro & C.ª	1943	Quirino José Salgueiro Machado	13,27	x
46	Fonte Nova	Sociedade Mineira do Alto Minho	1921	José Amadeu Reis Castro Portugal		?
47	Castelhão	Gaudêncio Valente e Faria	1943	Artur Mesquita	1,5,7,18	-
48	<b>Valdarcas</b> (Couto Mineiro de Valdarcas)	Geomina	1952	Manuel Ribeiro da Silva Alberto Morais Cerveira, 1958		+
49	Lapa Grande	Gaudêncio Valente e Faria	1955	Artur Mesquita		-
50	Cerdeirinha	MINARGA - Minas da Serra d'Arga	1955	Quirino José Salgueiro Machado		-
①	<b>Separadora</b> -Ponte de Lima	Entrepósito Mineiro do Minho*	194?	-		++
②	<b>Separadora</b> -Viana do Castelo	Sociedade Mineira do Alto Minho*	191?	-		?

#### IV.2.3.1. Tratamento do Minério – Requisitos Legais

A instalação de oficinas de preparação mecânica de minérios carecia de autorização especial e da atribuição de um alvará pelo Ministério do Trabalho, de acordo com o “Regulamento das Indústrias Insalubres, Incómodas, Perigosas e Tóxicas” (**Decreto n.º 8364, de 1922**), que vigorou até aos anos 1960. Só a partir de 1966 coube à Direcção-Geral de Minas e Serviços Geológicos a verificação de “*actividades industriais legalmente consideradas anexos mineiros e, bem assim, as instalações e oficinas de tratamento ou transformação de produtos de origem mineral extraídos no País com o fim de os purificar, concentrar ou aglomerar*” (**Decreto n.º 46924, de 1966**). Até então, para se instalar uma lavaria, os planos da mesma deveriam ser apreciados por agentes técnicos do Ministério do Trabalho.

Um aspecto pertinente na contabilização de trabalhadores associados ao tratamento diz respeito às “condições especiais das dependências das fábricas e oficinas”. Segundo o **Decreto n.º 8364, de 1922**, a existência de um *refeitório* era obrigatória em oficinas com mais de 50 operários, ainda lavatórios “*instalados (...) em número de 1 por 10 pessoas, pelo menos*”, instalações sanitárias “*instaladas em local separado das oficinas (...) em comunicação com estas por uma passagem coberta, em número, pelo menos, de 1 por 25 pessoas.*” A ilustração destas infra-estruturas, nas plantas de lavarias, constitui, por si só, um dado de referência provável do número de operários dedicados ao tratamento na concessão correspondente.

No *Plano de Lavra* era ainda obrigatória a apresentação de uma proposta de tratamento de minérios, para formalizar o pedido de concessão (**DL n.º 18713, de 1930**). Todavia, os detalhes técnicos das oficinas – plantas e diagramas de tratamento – nem sempre acompanhavam o processo mineiro, pelo que alguns *dossiers* não contêm este tipo de informação. Exemplos dessa lacuna no processo mineiro são as oficinas de Monteiro (**Figura IV.20.10**); de Mata de Vila Mou (**Figura IV.20.26**); do Couto Mineiro da Agueira (**Figura IV.20.30**); de Corzes (**Figura IV.20.41**) e das Separadoras de Viana do Castelo (**Figura IV.20 ①**) e de Ponte de Lima (**Figura IV.20 ②**), classificadas como “Indústrias Insalubres, Incómodas, Perigosas e Tóxicas” (**Decreto n.º 8364, de 1922**).

#### IV.2.3.2. Operações e Equipamento no Tratamento do Minério

As oficinas da RMArga, em que foi possível consultar o diagrama de processamento de minérios, incluem as 3 operações principais de tratamento: fragmentação, classificação e concentração.

O estudo de **Morais Cerveira (1948)**, dedicado aos diagramas de preparação de minérios, contextualiza bem o período de maior actividade mineira na RMArga. Neste estudo, o Autor apresenta fundamentos teóricos, aplicações e equipamentos associados a cada uma das operações reconhecidas na generalidade das oficinas de tratamento:

**Fragmentação** – operação de redução do calibre, podia incluir a *britagem* em mesas ou cantarias preparadas para o efeito, ou com auxílio de moinhos de maxilas (operando calibres de **50cm - 20mm**); a *granulação* feita em moinhos de discos, de rolos ou galgas (**20/10mm - 5mm**) e a *moagem* realizada frequentemente com pisões rudimentares, ou em moinhos de rolos ou de bolas (levando o calibre a **< 0,2mm**);

**Classificação** - operação intermédia, entre a libertação de gangas/minérios e a concentração propriamente dita, era encarada já como um enriquecimento e separação de produtos, realizada desde os tratamentos mais rudimentares aos processos mecânicos, com grades, crivos fixos e móveis, que podiam ser cilíndricos rotativos (“*trommel*”) ou planos oscilatórios (crivos, peneiros) accionados manualmente ou mecanizados e com várias malhas de *calibração*. Algumas oficinas possuíam *hidroclassificadores*, quando a percentagem de finos era elevada, usando a água em correntes de arrastamento para tanques de decantação, onde eventualmente estariam instalados desenlameadores;

**Concentração** – praticada desde a frente de desmonte, em operações de selecção manual, numa primeira triagem em mesas (na gíria era designada de “*scheidagem*”) recorrendo às propriedades de cor, brilho, dureza dos minérios, eventualmente, a fluorescência, usando luz UV; os engenhos mais generalizados baseavam-se na separação hidrogravítica (bacias, bateias, caleiras, *sluices*, mesas oscilantes), alguns com mecanismos pulsáteis – vibro classificadores que operavam sem água (“buchas” e jigas); em oficinas mecânicas mais elaboradas, faziam-se intervir outras propriedades além da densidade, tais como a susceptibilidade magnética, condutibilidade, adesão ao ar e água, adesão ao mercúrio, dissolução de gangas em ácido.

Determinadas oficinas mecânicas eram accionadas pela energia produzida pela Central Hidroeléctrica do Coura (ex. Monteiro, Penedo do Outão). Algumas propriedades e processos específicos de separação e concentração estão sintetizados na **Tabela IV.9**. Os exemplos de lavarias ou separadoras são apresentados com base no reconhecimento dos diagramas de preparação de minérios, ou plantas de lavarias descritos ou anexos aos respectivos PL.

**Tabela IV.9.** Processos de concentração e propriedades que intervinham na separação de minérios de RMArga.

PROCESSOS DE CONCENTRAÇÃO			PROPRIEDADES DIFERENCIAIS	LAVARIAS / SEPARADORAS
Físicos	Gravíticos	Hidrogravítico	Densidade	Generalidade
	Electromagnéticos	Magnéticos Electroestáticos	Susceptibilidade Magnética Condutibilidade	Cerdeirinha, Lapa Grande Ponte de Lima (TIN)
	Outros	Escolha manual Calibragem Fotométrico	Cor, brilho Calibre e forma Cor, reflexão luz UV	Generalidade Generalidade Lapa Grande, Valdarcas
Físico-Químicos	Processos por adesão	Flutuação Amalgamação	Adesão ao ar e água Adesão ao mercúrio	Cerdeirinha, Valdarcas Rio Ancora
Químicos	Lixiviação de gangas	Extracção directa	Dissolução em ácido	Valdarcas

Para um reconhecimento alargado dos processos (manuais ou mecânicos) e equipamentos analisaram-se os diagramas apresentados pelas concessionárias, nas componentes de fragmentação e classificação-concentração. No seu conjunto foram seleccionados 19 diagramas/plantas de lavaria (**Tabela IV.10** e **Tabela IV.11**). Determinados equipamentos, como jigas ou buchas, podem ser associados tanto à fase de classificação, como à de concentração (**Morais Cerveira, 1948**), e daí a atribuição a meio termo na **Tabela IV.10** e **Tabela IV.11**.

Uma parte considerável dos diagramas e plantas surgem repetidos em diversas concessões, dada a semelhança do material a tratar, a substância-alvo a apurar ou, por simples conveniência da concessionária ou director técnico responsáveis pelas várias concessões que repetem o esquema (**Tabela IV.8**, coluna “Similares”).

**Tabela IV.10.** Equipamentos e/ou procedimentos usados em cada uma das fases de tratamento mineral, em lavarias da RMArga. Os índices referem-se à localização na **Figura IV.20** e referências da **Tabela IV.8**; os agrupamentos por similaridade são também aqui aplicados.

ÍNDICE	NOME	SUB(S)	FRAGMENTAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO	(calibre - mm)	CONCENTRAÇÃO
2	Serra de Covas n.º1	Sn,W	mesa de trituração	crivo múltiplo	9 3 1,2	mesa de escolha jiga* manual caleira
3	Penedo do Outão	Sn	britagem manual britador moinho	2 crivos	4 2	escolha manual caleira
4	Regueira da Amieira	Sn	britador	3 crivos	4 3 1,5	buchas/mesas
5, 1, 7, 18, 47	<b>Serra do Lousado;</b> Chãos, Ínsua n.º1, Mãos, Castelhão	Sn	mesa de brita	3 crivos	10 3	2 buchas 2 mesas
9, 12	<b>Vilarinho</b> Felgueiras n.º2	Sn	britador	3 crivos	9 4 2	mesa caleira
10	Monteiro	Sn (Au)	britador moinho de bolas	grade 2 vibroclassificadores 6 hidroclassificadores	20 1,5 0,9	3 jigas* 6 mesas
11	Regueira da Sobreira	Sn (NbTa)	britagem trituração	crivo	9 3,5 1,2	3 jigas* caleira
13, 27, 45	<b>Cabanas</b> Vilela, Vala Grande	Sn (W)	britagem	vibroclassificador	18 5 3 1,5	2 buchas-crivo mesa com manivela mesa móvel
15, 16, 21, 32, 33, 34 (40)	<b>Cumieira</b> Lagoa, Gondameiro, Amonde n.º1, Folgadoura, Tourim n.º2	Sn,NbTa	mesa britagem	3 crivos	9 4 2	3 jigas de lavagem caleira
17, 19	<b>Cavalinho</b> Estorãos	W (Au)	4 mesas de britar e triturar	crivo móvel	4 3 1,5	mesa de escolha 2 jigas mesa fixa mesa de balanço
20	Santa Justa n.º2	W, Sn (Au)	britagem trituração	crivo	12 4,5 1,5	"scheidagem" 3 jigas* caleira
22, 28, 29	<b>Balsas</b> Vila Mou, Campo da Corte	Sn	britagem moinho manual	3crivos	? ? ?	mesa oscilante caleira
36	Zébres	Sn	britador 2 moinhos	grade crivo 3trommels 2classificadores	? ? ?	2 jigas* 3 mesas
39	Rio Ancora n.º2	Sn, Au		grelha trommel	50 10 5 (particulado fino)	Canal (caleiras) (placa de Cu para amalgama)
40	CM6 - Dem	Sn	mesa britagem trituração	3crivos	9 3,5 1,2	3 jigas* de lavagem caleira
47	<b>Castelhão,</b> Serra do Lousado; Chãos, Ínsua n.º1, Mãos	W	britagem	3crivos	8 5 3	3 buchas 2 mesas

\* Adoptou-se a escrita de "jiga" segundo **Morais Cerveira (1948)**, muito embora o termo surja escrito de outra forma - "giga" - em diversos documentos.

**Tabela IV.11.** Equipamentos e/ou procedimentos de cada uma das fases de tratamento mineral, em lavarias do **Campo Mineiro de Valdarcas** - RMArga. Os índices referem-se à localização na **Figura IV.17** e referências da **Tabela IV.8**.

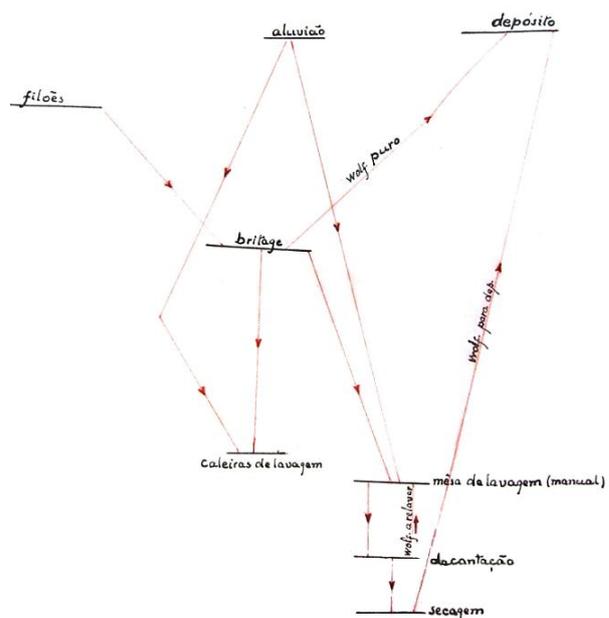
ÍNDICE	NOME	SUB(S)	FRAGMENTAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO	(calibre - mm)	CONCENTRAÇÃO
48	Valdarcas	W	britador de maxilas granulador de rolos moinho de barras  moinho de discos	grade fixa siló hidro-classificador  2 crivos	2 0,7	desenlameador?  forno de ustulação  tambor de HCl  4 células de flutuação 4 mesas oscilantes 1 mesa de flutuação 1 separador electromagnético
49	Lapa Grande	W (Au)	britador de maxilas moinho de cilindros 2 moinho de rolos  moinho de galgas	crivo  3 crivos  2 hidro-classificadores	50 20 3,5 2 0,037* ≈0,02*	forno de ustulação  jiga  7 mesas 2 separadores electromagnéticos
50	Cerdeirinha	W	2 britadores moinho de rolos moinho de bolas moinho de barras	grelha 5 peneiros  2 hidro-classificadores	40 28 12 4 1,5	jiga decantador?  7 mesas 1 unidade de flutuação

\* As referências no diagrama de preparação da Lapa Grande para as malhas do último conjunto de hidroclassificadores são 400# e 600#, a que se fez equivaler, respectivamente, 0,037mm e ≈0,02mm, admitindo tratar-se do sistema convencional de malhas da série Tyler.

A **Tabela IV.11** refere-se às lavarias das minas do Campo Mineiro de Valdarcas, assim individualizadas por apresentarem uma clara distinção relativamente às anteriores, dos restantes Campos Mineiro de RMArga. Segundo os PL da Cerdeirinha (1955) e da Lapa Grande (1955), as suas oficinas mecânicas, designadas de *oficinas-piloto*, tinham um processamento de 1,5t/h e 2t/h. Valdarcas viria a apresentar já nos anos 1970 um processamento na ordem de 5t/h. Os aspectos que distinguem estas lavarias das restantes da RMArga correspondem à fase de fragmentação – na qual se incluíam vários equipamentos. A classificação era mais desenvolvida e, na fase de separação, intervinham mais equipamentos e recorria-se a diversas propriedades discriminantes para a separação mineralógica.

#### IV.2.3.3. Tratamento de *placers*

Apenas uma das lavarias da **Tabela IV.10** se refere ao tratamento de material detrítico de depósitos tipo *placer*, designada “Estação de Tratamento do Rio Âncora” (índice 39). Nesta, não intervinham operações de fragmentação e a concentração era realizada em canal, aproveitando o curso de água onde estava montada a lavaria. O tratamento deste tipo de depósitos em engenhos particulares merece uma atenção específica, pela sua ubiquidade e o recurso subsidiário que a eles se faz na maioria das concessões de Arga. A **Figura IV.21** ilustra a proveniência e circuito dos materiais tratados numa mina com lavra sobre filões. Parte da produção (em “depósito”) provinha de aluviões anexas à exploração principal, excluindo-lhes a fase de britagem.



**Figura IV.21.** "Gráfico do movimento da preparação do minério" - mina de Serra de Santa Justa” (*Dossier 803, PL, 1941*).

De uma maneira geral, o tratamento era feito pelo sistema de *sluices*, detalhado no PL de Lobatos (Figura IV. 22). As fases de exploração e tratamento surgem de forma conjugada: 1) traçagem de *talhões*; 2) remoção da terra vegetal; 3) colocação do *sluices*; 4) desmonte e transporte do material de um talhão; 5) lavagem do material no *sluice*; 6) recolocação da terra vegetal sobre os estéreis de aproveitamento; 7) apuramento final em Lavaria fora ou na área de concessão.

Segundo a descrição do PL de Lobatos (1942), o terreno era dividido em troços ou *talhões* de comprimento não superior a 60m. Paralelamente ao curso de água, era escavada uma vala longitudinal (na gíria era designada de “rolho”), partindo do limite jusante até montante do troço, e em profundidade até atingir o *bed-rock*. O trabalho era sempre feito de jusante para montante. Desta forma, ficava assegurado o esgoto ao longo dos *talhões* de desmonte. A água que surgia na frente de desmonte era canalizada para os *sluices*.

Tratando-se de uma aluvião extenso e largo, habitualmente designado de “Chã”, eram desmontados vários *talhões* em simultâneo, distinguindo-se por números pares e ímpares. O desmonte dos “talhões” de número par avançava do centro para o exterior e os de número ímpar, no sentido contrário.

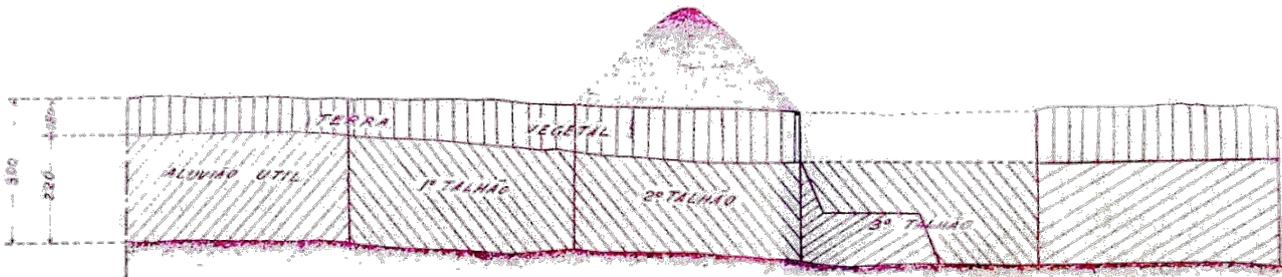


Figura IV. 22. Lavra em aluvião - esquema de desmonte por "talhões" da mina de Lobatos (Dossier 2201, PL, 1942).

A escavação era manual, feita com enxadas, pás e raramente picaretas. Simultaneamente o material cavado era lançado sobre *cirandas*, colocadas a jusante do *talhão*. Estas tinham 1,8-2m de altura e 1,2 de largura, munidas de barras de ferro e colocadas na transversal, com espaçamentos de 8-10cm. O material que passasse através da *ciranda* era lançado para o *sluice* (Dossier 2201, PL, 1942). O transporte do material fazia-se primeiramente à pá, das frentes para a cabeça do *sluice*, onde estaria uma *tolva* e crivo, ou grelha. Se esta distância fosse grande, eram usados carros de mão ou vagonetes, assentes em carris *Decauville* (Dossier 2201, PL, 1942)

O *sluice* era assente no troço a jusante, imediatamente a seguir ao *talhão* que estava a ser trabalhado. A posição era mantida longitudinalmente à vala ou curso de água adaptado ao tratamento e teria uma inclinação de 2 a 11%.

O controlo do *sluice*, geralmente feito por mulheres, garantia que todo o material desmontado passasse no circuito *tolva-crivo-sluice*, sem perdas. Era ainda necessário garantir a boa circulação do material, evitando o engrossamento do material mais argiloso. A escolha manual era também realizada no correr de todo o circuito.

Este tipo de *sluices* (Figura IV.23) teria uma capacidade mínima de 30t de *tout-venant* /dia, correspondendo a 8 horas de trabalho (PL de Lobatos, 1942).

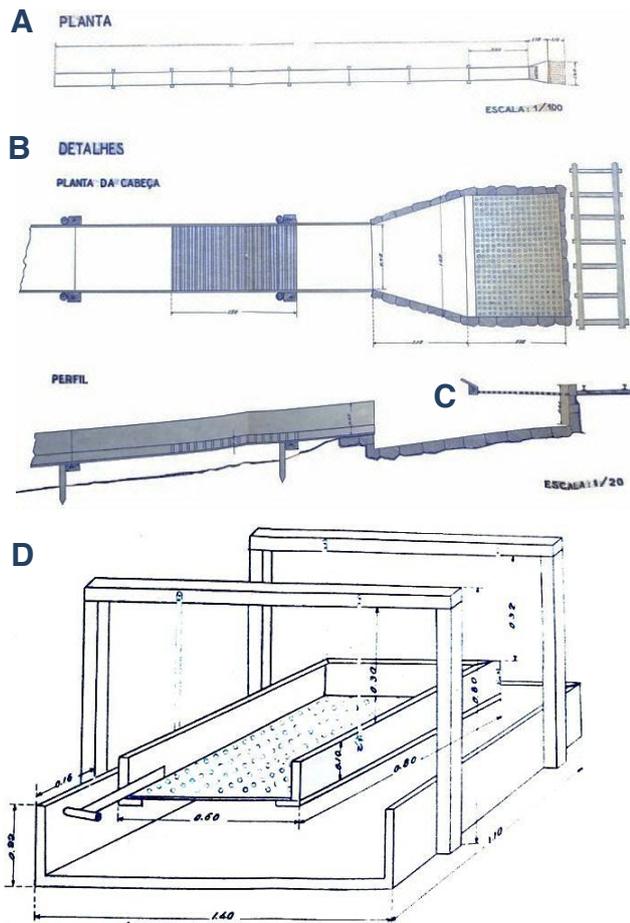


Figura IV.23. Engenho de apoio à lavra em aluviões – esquema de um sistema de *sluice* e caleiras que acompanhavam a frente de desmonte, (“ciranda” à cabeça). Ilustrações anexas aos PL de Lobatos, Corjães e Serra da Vila (1942-1947).

Segundo a descrição no PL de Lobatos (1942), o sistema de *sluice* (Figura IV.23A) era constituído por uma série de canais de madeira de pinho, convenientemente ligados uns aos outros. Os canais eram constituídos por uma tábua convenientemente aplainada e na lateral tábuas de forro e meio – a secção seria de 0,75 x 0,40m.

O *sluice* era provido de *rifles* transversais, com 0,1m de altura, espaçados 0,1m. Cada grupo de *rifles* ocupava o espaço de 1,5m, sendo o espaçamento entre grupos de *rifles* de 2m (Figura IV.23B). As dimensões dos *rifles* poderiam variar mediante a quantidade e calibre do material a apurar.

Sobre a cabeça do *sluice* existia um crivo de balanço, manobrado por um manipulo (Figura IV.23C).

A perfuração do crivo era de 10mm (Figura IV.23D). O passante será arrastado pela água, o material retido era agitado, garantindo que a classificação se operasse com eficiência.

#### IV.2.3.4. Dupla Abordagem no Tratamento: Lavaria - Separadora

O tratamento mais elaborado e com maior beneficiação era realizado em sedes das concessionárias, deslocadas da RMArga, muito embora se reconheçam várias lavarias ou oficinas de preparação próximas das explorações (à boca da mina). Da análise dos vários PL pode constatar-se uma dupla abordagem no tratamento dos minérios, da qual se referem alguns exemplos.

O resultado da produção das concessões do Couto Mineiro da Agueira era tratado conjuntamente numa das lavarias mais emblemáticas de Arga – a *lavaria dos Verdes* (Figura IV.20.30), instalada na ribeira com o mesmo nome. O seu concessionário era “Armando Casimiro da Costa” (ACC), já referido como um grande empreendedor mineiro na RMArga, dos primeiros a registar e pedir concessões na Serra d’Arga, além de outras regiões como Arouca (Vilar, 1998; Leal da Silva, 2009). Possuía uma oficina de “Separação electro-magnética de minérios” no Porto, estabelecimento vulgarmente designado por Separadora. Enquanto entidade empresarial, ACC intitulava-se como “Laboratorio chimico – Analyses de metaes e mineraes. Transações de OURO, PRATA, PLATINA E MINÉRIOS. Fornecimentos para OURIVESARIA e JOALHERIA. Concessionário de minas de WOLFRAM e ESTANHO”.

Na sua Separadora procedia a afinações de concentrados, com equipamento eléctrico e electromagnético: “5 motores eléctricos (um de 2,9kw para moinhos, dois de 0,7kw para o crivo e mesa oscilante, um de 1,5kw e um de 0,7kw para a separadora electromagnética e o dínamo de 1kw para a mesma separadora)” (Boletim de Minas, 1940).

Do mesmo proprietário e filhos, a concessionária “Minero-Agrícola do Norte”, em 1945, indicava como sede provisória a “Casa Nova, Lugar da Torre - São Lourenço da Montaria” em plena RMArga. Em 1947 (e, pelo menos, até 1967) sediou-se em “Vilar do Paraíso - Vila Nova de Gaia”, onde tinha também Separadora, com motores e aparelhos similares aos da Separadora de “Armando Casimiro da Costa” (eventualmente, deslocados para nova sede) (Boletim de Minas, 1941).

A Companhia Mineira do Norte de Portugal, com minas em Vila Mou, tinha também uma oficina mecânica para afinamento de Concentrados, deslocada da RMArga, com os seguintes equipamentos: “4 motores eléctricos (um de 3kw para moinho, quebrador e crivo, um de 0,7kw para a mesa de lavagem, um de 1,8kw para a separadora electromagnética e o dínamo de 3kw para os electro-ímanes da separadora)” (Boletim de Minas, 1941).

Qualquer uma das concessionárias possuía oficinas de preparação junto das minas - “Corzes” (Figura IV.20.41) e “Mata de Vila Mou” (Figura IV.20.27), ambas com diversos mecanismos. Estas infra-estruturas ainda hoje se reconhecem, destacando-se a primeira pelo espólio de edificações e equipamentos que ainda persistem no sítio mineiro e que pode ser considerada paradigmática, no contexto das oficinas de RMArga.

Os exemplos apresentados reflectem a mesma estratégia dos concessionários no tratamento dos minérios: duas instalações, **uma** à boca da mina para preparação, **outra** nos centros de negócio e comercialização onde se procedia a uma beneficiação e apuramento final.

De abordagem semelhante, mas numa escala regional, podem referir-se os concessionários “MINARGA, Minas da Serra d’Arga” e “MIPOLI, Minas de Ponte de Lima”, sediados em Ponte de Lima, no “Largo da Freiria” (Figura IV.20.20). Aí permanece o edifício de uma Separadora - “T.I.N. - Transformadora Industrial do Norte, Lda. - Preparação de Minérios”, propriedade do concessionário “Entrepósito Mineiro do Minho”.

A concessionária da Cerdeirinha - “MINARGA”, (Figura IV.20.50) -, como o “Entrepósito Mineiro do Minho”, concessionário de várias minas na RMArga (Figura IV.20.15, 16, 17, 19, 21) apresentavam plantas de oficinas de preparação para as concessões que representavam. Na Separadora do Largo da Freiria ter-se-á procedido a beneficiação e afinação dos concentrados, onde convergia a produção de cerca de dezena e meia de minas das 3 entidades.

Dados recolhidos em entrevistas referem ainda que na Separadora no Largo da Freiria era comprado minério proveniente de muitos pequenos trabalhos dispersos na vertente oriental da Serra.

Actualmente o edifício da Separadora mantém grande imponência e destaque no contexto urbanístico de Ponte de Lima, aspecto que será alvo de atenção no VI Capítulo.

O concessionário PACHANCHO, de António Peixoto, pode também ser referido como exemplo desta dupla abordagem. No período de 1941 a 1963 manteve duas minas - Real n.º 1 e Bouças (**Figura IV.20.42**) - em lavra activa e com produção declarada (excluindo 1948, pelo bloqueio legal de metais). O concessionário possuía oficina de tratamento mecanizada à boca da mina e procedia a novo apuramento em sede metalúrgica, em Braga (“Complexo Industrial PACHANCHO - Infias”). Aí terá efectuado fundição dos concentrados para posterior incorporação em produtos transformados pela designada “Fábrica Nacional de Pistões”.

Os casos referidos associam-se a minas de Sn (em associações com Au, W e NbTa). A presença das mineralizações associadas e das paragénese complexas implicavam equipamentos capazes de realizar separações magnéticas e electroestáticas. As separadoras, além de incluírem esses equipamentos, gozavam de centralidade para aí convergirem produções de origem muito diversificada, constituindo-se como sedes de comercialização/transformação-branqueamento, o que seria menos fácil de acontecer em oficinas instaladas à boca da mina.

#### IV.2.3.5. Evolução/Adaptação das Formas de Tratamento – alguns exemplos

Os diagramas de tratamento descrevem o circuito de operações de tratamento dos materiais extraídos, que o concessionário/director técnico terá ensaiado em lavra provisória. A selecção de um dado esquema de tratamento colocava-se no momento de pedir a concessão e podia ser revista, adaptando-se a novos materiais ou podia ser ampliada. Entre os custos imputados a cada operação mineralúrgica, os da fragmentação seriam os mais onerosos (**Machado Leite, 1984**). Na RMArga, pelos equipamentos listados na **Tabela IV.10**, esta fase seria a menos controlada e mais precária. A optimização dos circuitos de processamento mineiro implica maiores períodos de funcionamento para adaptação dos diagramas de processo. Sob este aspecto, pode dizer-se que os períodos mais extensos de lavra activa abrangem um máximo de 3 décadas.

Para os casos em que se verificaram estes períodos mais alargados, podem referir-se alguns exemplos em que foi possível recolher elementos sobre os processos de ampliação/revisão de lavarias: Verdes, Bouças-Real (Pachancho), Monteiro, Valdarcas.

#### **LAVARIA DOS VERDES**

Esta lavaria operou como sede de tratamento do Couto Mineiro de Aguieira, tratando essencialmente cassiterite, e volframite. Terá sido construída no início da década de 20, sobre o Ribeiro dos Verdes (localidade de Dem - Caminha), ao nível da galeria de rolagem da mina de Alto da Bouça das Freiras. Esta lavaria foi ampliada, em 1945, dando origem a um extenso processo administrativo no decurso de um pedido de autorização para importar de Inglaterra uma “mesa de lavagem de minérios” da marca “Wilfley”:

*“O material para que se pede isenção de direitos não está incluído na lista dos artigos estrangeiros que se podem importar livremente. Contudo, foi já autorizada a importação de material idêntico ao abrigo do art.15º do Decreto n.º 29.725.”*  
(Extracto ao Pedido feito à CMNorte, 1945, Dossier de ALTO DA BOUÇA DAS FREIRAS )

*“Conquanto a Direcção Geral da Indústria afirme que a indústria nacional produz mesas de lavagem de minérios em condições económicas legais, a CMNorte na sua segunda informação explica quais as diferenças da mesa WILFLEY*

*(patenteada) das outras que a indústria nacional produz. A separação é mais completa nesta mesa do que nas imitações. É indispensável à lavra e, entende esta Direcção-geral, que está nas condições de gozar da isenção prevista no art.15º do Decreto n.º 29.725, de 1939.*” (Extracto do Despacho da CMNorte, 1945, Dossier de ALTO DA BOUÇA DAS FREIRAS)

Em 1954, foi ainda sujeita a remodelação, aquando do pedido de averbamento de uma nova substância, a scheelite, processo relativamente inédito na RMArga, para o minério em questão (Alto da Bouça das Freiras, Dossier 2223).

#### LAVARIA DA PACHANCHO

Os minérios das concessões de Bouças e Real, essencialmente cassiterite eram tratados numa lavaria rudimentar construída em meados da década de 40, junto à Ribeira de Real (localidade de Argela - Caminha). O concessionário possuía em Braga um empreendimento industrial, de fundição e transformação metalomecânica, relativamente desenvolvido - a Pachancho. Nesta lavaria eram pré-concentrados essencialmente minérios de estanho, que em Braga teriam beneficiação, fundição e possivelmente integração nos produtos daquela empresa.

A lavaria seria inicialmente rudimentar, tratando materiais detríticos de depósitos tipo *placer*. Em 1951, possivelmente com o maior desenvolvimento dos trabalhos de exploração subterrânea, a lavaria foi remodelada. Nesse ano atingiu uma produção de 9000t de concentrados de cassiterite, cerca de 8% da produção total (indiscriminada) da RMArga. Dessa remodelação consta um relatório da uma vistoria feita pela CMNorte e pela Direcção Geral dos Serviços Hidráulicos:

*“(...) Será acautelado, como é lei, tanto quanto possível, o tratamento das águas sobranes a ser lançadas na corrente, e localização de entulheiras para evitar a poluição.*” (Extracto do Ofício da CMNorte à Direcção Geral dos Serviços Hidráulicos, 1951, Bouças, Dossier 1683)

#### LAVARIA DE MONTEIRO

A lavaria de Monteiro era a sede de tratamento de cerca de 10 concessões que exploravam filões aplito-pegmatítico a Cabração (Ponte de Lima). Foi instalada em meados da década de 30 e sujeita a várias remodelações.

No período de 1936 a 1940, a lavaria funcionava em *continuum*, exigindo para isso um caudal de água de 6m<sup>3</sup>/h. Nos 4 meses de maior estio o funcionamento reduzia-se a metade, o que restringia a laboração a 8 meses por ano, com produção média de 5toneladas de cassiterite por mês. Segundo alguns Autos de Visita (Monteiro, Dossier 1944, 1938), a falta de água lesava a actividade em 100\$00/dia.

Para fazer face à escassez de água, eram desviados os cursos de água e nascentes em canais de madeira até à lavaria (Ilustrados na Figura IV.24 paralelos ao Ribeiro do Seixalvo). Esta situação motivava uma forte oposição dos proprietários locais, resultando em pedidos de expropriação de terrenos e nascentes.

Em 1941 o diagrama da lavaria (Figura IV.24) sofreu alterações. O depósito em profundidade revelou-se mais “duro, coerente e consistente” o que impôs alterações ao modelo de tratamento, reforçando a necessidade de fragmentação e impondo uma concentração otimizada. Assim, em alteração ao esquema indicado na Tabela IV.10.10, a lavaria passou a compreender: 1 tremonha; 1 alimentador de vaivém; 1 britador de maxilas; 2 moinhos de bolas com

crivos exteriores (4 e 1,5 mm); 1 pulsador; 1 moimho de cilindros; 1 elevador de *godets*; 7 mesas de lavagem; 1 mesa de relavagem.

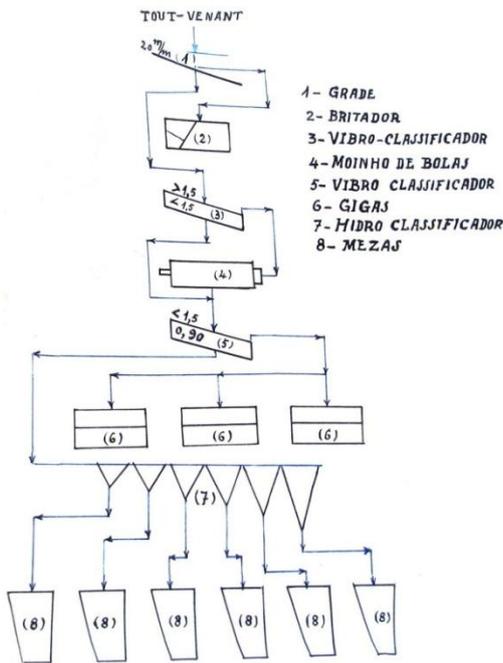


Figura IV.24. Diagrama de tratamento dos minérios de Monteiro, *Dossier 1944 (1936)*; Extracto de uma Planta da Área da Mina integrada no processo de expropriação de propriedades de lavradio e nascentes - Monteiro, *Dossier 1944 (1937)*.

### LAVARIA DE VALDARCAS

Esta lavaria foi construída em 1953 para o processamento de material da mina com o mesmo nome, ao longo de cerca de três décadas foi verificando várias reestruturações e apetrechamentos, passando a representar já na década de 1970 a sede de tratamento do Couto Mineiro de Valdarças.

Em 1970, foi ampliada para receber o material da mina da Cerdeirinha (RT, 1971, *Dossier CM58*). Desta provinham minérios disseminados em óxidos de Fe. A lavaria passou a admitir a seguinte diversidade de materiais: **1)** minério em matriz de sulfuretos (Valdarças); **2)** minério em matriz de óxidos de Fe e menor conteúdo em sulfuretos (Cerdeirinha - nível superior); **3)** minérios em matrizes de conteúdo variável em sulfuretos (Cerdeirinha - nível inferior). O conjunto diversificado de minérios implicou a adaptação de circuitos de concentração e a redução da intensidade de moagem (evitando a pulverização do material). Na lavaria podiam operar, em paralelo, três circuitos de concentração. Na **Figura IV.25** apresenta-se o diagrama de tratamento (secções britagem, moagem e concentração) para o circuito dos minérios da Cerdeirinha, com menos sulfuretos (adaptado de Cruz Moreira, 1973).

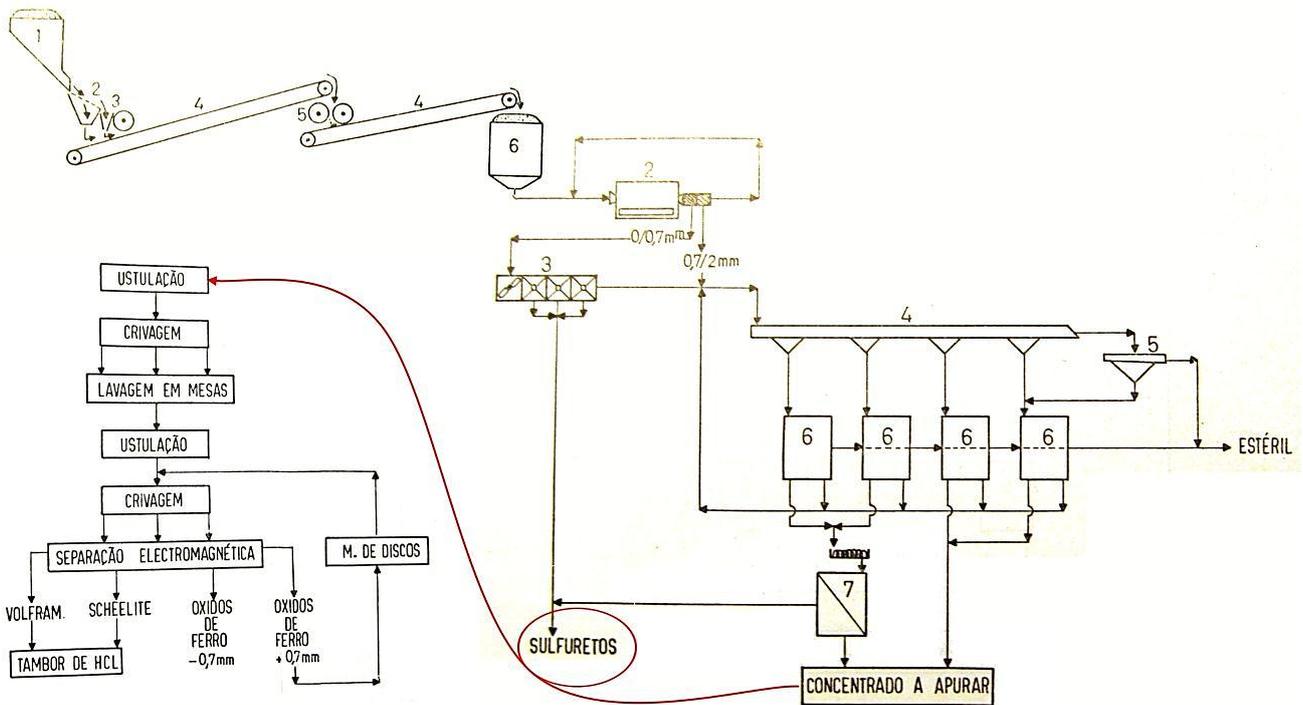


Figura IV.25. Diagrama de tratamento da lavaria de Valdearcas para minérios da Cerdeirinha. (adaptado de Cruz Moreira, 1973).

**SIMBOLOGIA:** BRITAGEM: 1- Tolva; 2 - Grade fixa; 3 - Britador de maxilas; 4 - Correia transportadora; 5 - Moinho de rolos; 6 - Silo; MOAGEM/PRÉ-CONCENTRAÇÃO: 2' - Moinho de barras; 3' - Células de flutuação; 4' - Classificador hidráulico; 5' - Pirâmide desenlameadora; 6' - Mesa oscilante; 7 - Mesa de flutuação.

Nesta lavaria a fragmentação processava-se em 3 estágios, utilizando um britador de maxilas, um granulador de rolos e um moinho de barras (produção de calibres <1mm) (Tabela IV.11). O primeiro concentrado era obtido por flutuação em células, a partir do material com muitos sulfuretos, o que promovia uma separação prévia de gangas densas antes da hidroconcentração. Esta constituía uma opção técnica inédita e vanguardista por parte do director da mina, Eng. Moraes Cerveira, em meados dos anos 70 (Machado Leite, *comunicação oral*). O pré-concentrado seguia depois para as mesas oscilantes onde era feito o apuramento hidrogravítico e novamente concentração em mesas de flutuação. O esquema de tratamento do minério (Figura IV.25) incluía a ustulação de material proveniente de mesas e células de flutuação e terminava com a eliminação de fosfatos residuais por dissolução em ácido (Cruz Moreira, 1973).

No panorama nacional, a lavaria de Valdearcas era considerada exemplar sob vários aspectos: **1)** elevada eficiência devido à regularização granulométrica do material que entrava na secção de moagem (com silos) e na secção de concentração (com classificadores e desenlameador); **2)** operações para evitar uma super-produção de finos, adoptando moinhos de barras, em vez dos moinhos de bolas; **3)** ciclo de flutuação prévia (em células para calibres <0,5mm) com vista a uma primeira separação de gangas densas, de sulfuretos, que dificultavam a hidro-concentração dos minérios, seguindo-se a concentração hidrogravítica (em mesas para 0,5-1mm); **4)** duas ustulações sucessivas no apuramento, evitando a eliminação completa dos sulfuretos provenientes da primeira flutuação; **5)** lixiviação final em HCl de produtos calcossilicatados e fosfatados (Dossier W, CMNorte, 1956; Cruz Moreira, 1973).

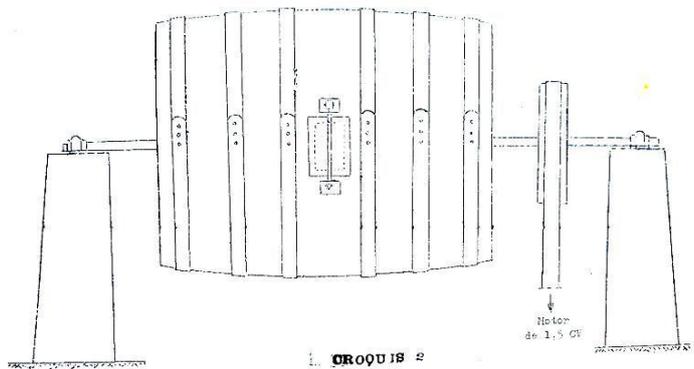
No final da década de 50, esta lavaria foi incluída num programa nacional de melhoramento de práticas na beneficiação do minério, dada a quantidade de gangas calcossilicatadas e fosfatadas presentes no depósito de Valdearcas. O programa designava-se "*Ensaio para a redução dos teores nocivos de fósforo e cálcio nos minérios de volfrâmio*", e foi

desenvolvido pela CMNorte. Em fase experimental, os protótipos desenvolvidos para o tratamento de minérios mais complexos referiam-se a duas minas com depósitos que apresentavam elevados teores de Ca e P (paragéneses com calcite e apatite): designadamente Valdarças e Borralha (Dossier W, CMNorte, 1956).

Este programa constituía uma resposta às exigências de pureza por parte dos mercados internacionais relativamente à contaminação dos minérios de volfrâmio com Ca e P. O relatório enviado para todas as empresas mineiras de W, em 1957, frisava a necessidade do tratamento dos concentrados finais para “*eliminar o excesso intolerável de P (também do Ca)*”. Anexo ao relatório ilustravam-se instalações-piloto, relativamente rudimentares, com vista ao ataque com ácido clorídrico diluído – o reagente combinava-se com o cálcio para formar cloreto de cálcio e decompor o carbonato (da calcite) e o fosfato (da apatite). Para o caso de Valdarças, a instalação é ilustrada na **Figura IV.25**.

”[Em Valdarças] as instalações constam de uma cuba de madeira de cerca de 250 litros de capacidade, rodando horizontalmente em torno do seu eixo. (...) Os concentrados são lançados na cuba e sobre eles, até os cobrir completamente, um soluto a 10% de ácido clorídrico comercial; inicia-se a rotação da cuba mantendo-se esse movimento durante cerca de 4 horas. Após esse período de ataque, retira-se o soluto por decantação e procede-se à lavagem dos concentrados. (...) Os primeiros licores de lavagem são claros; diluídos fortemente, provocam o aparecimento duma turbação acentuada, devida especialmente à hidrólise do oxicloreto de bismuto, turbação que desaparece desde que se junte ácido. (...)”

(Dossier W, CMNorte, 1956)



**Figura IV.26.** Croquis de uma instalação desenvolvida pela CMNorte, (CMNorte, 1956) para o tratamento das apatites de Valdarças, protótipo na escala 1/500 (redução desde o tamanho A4).

#### IV.2.3.6. Resíduos e Efluentes do Tratamento do Minério

Pela análise da **Tabela IV.10**, que reflecte a diversidade dos tratamentos de minérios que operaram na RMArga, verificou-se que os calibres processados variavam de 9 a 1,2mm e de 5 a 1,5mm (Monteiro era excepção, com calibres até 0,9mm).

Nestas lavarias (**Tabela IV.10**), a concentração era obtida com caleiras ou mesas accionadas manualmente, recorrendo a água que era canalizada até à lavaria ou a própria lavaria era construída na dependência de um curso de água. Os resíduos de tratamento, na maioria dos casos, eram dispersos ou conduzidos para terrenos envolventes. Tratando-se de fragmentação de material quartzoso e aplito-pegmatítico, o seu impacte nos efluentes prendia-se com a quantidade de sólidos suspensos e a turbidez das águas, obrigando em determinados casos a fases de decantação e assoreamento. Algumas plantas de lavarias indicam a existência de tanques de decantação, associados ao retorno da água (em circuito fechado) para alimentação da própria lavaria, como por exemplo em **Zebres, Dossier 1451 (IV.6 Anexo)**.

A lavaria de Monteiro, além de incluir na sua estrutura principal um conjunto de canais de condução de água para o tratamento de minérios, incluía ainda barragens para a retenção e o assoreamento dos resíduos que produzia (ilustrados na **Figura IV.24** sobre a Ribeira de Seixalvo).

A consulta de autos de visita, reclamações e relatórios de avanço dos trabalhos (Monteiro, *Dossier 1944, RTR, 1930-40*) permitiu recolher alguns dados adicionais sobre o funcionamento da lavaria de Monteiro e seus rejeitos. A carga sedimentar produzida pela lavaria (cerca de 80m<sup>3</sup>/dia), na fracção areia (1,5mm), era superior à capacidade de escoamento do curso de água recepto - Ribeiro do Seixalvo – sendo o assoreamento um problema recorrente. Isto obrigou à construção de vários muros de retenção de estéreis e de uma barragem, 150m a jusante da Lavaria, com 8m de altura (Figura IV.24). A carga de sólidos suspensos, essencialmente de material argiloso, persistia ao longo do Ribeiro do Seixalvo e até ao Rio Estorãos. Algumas descrições referem a persistência do curso “leitoso” até à foz no Rio Lima (12km a jusante da lavaria (Monteiro, *Dossier 1944, RTR, 1938*). Na década de 1940 mantiveram-se as dificuldades em encontrar soluções para o problema do assoreamento e turbidez das águas daqueles dois cursos de água.

As lavarias que integram a Tabela IV.11, relativas apenas ao Campo Mineiro de Valdarcas, operavam num intervalo granulométrico mais amplo e o material era sujeito a maior cominuição (12 - 0,02mm).

Os tratamentos de concentração eram mais complexos, envolvendo reagentes de flutuação, lixiviação e ustulação. Em Valdarcas, a flutuação fazia-se com xantatos, ácidos ou ésteres de ácido ditiocarbónico, [eventualmente ROC(=S)SH, em que R é um radical orgânico], possivelmente etil xantato de sódio ou potássio (Valdarcas, *Dossier CM58, 1978*). Em tambor semelhante ao da Figura IV.26, procedia-se à lixiviação de apatites com HCl, gerando entre outros o cloreto de cálcio residual.

Os efluentes resultavam de tratamentos de sulfuretos maciços e óxidos de Fe, com elevada cominuição, ustulação e associação a reagentes tóxicos (etil xantato e ácido clorídrico). Tanto aquosos, como gasosos, os efluentes representariam um impacte elevado em toda a envolvente mineira.

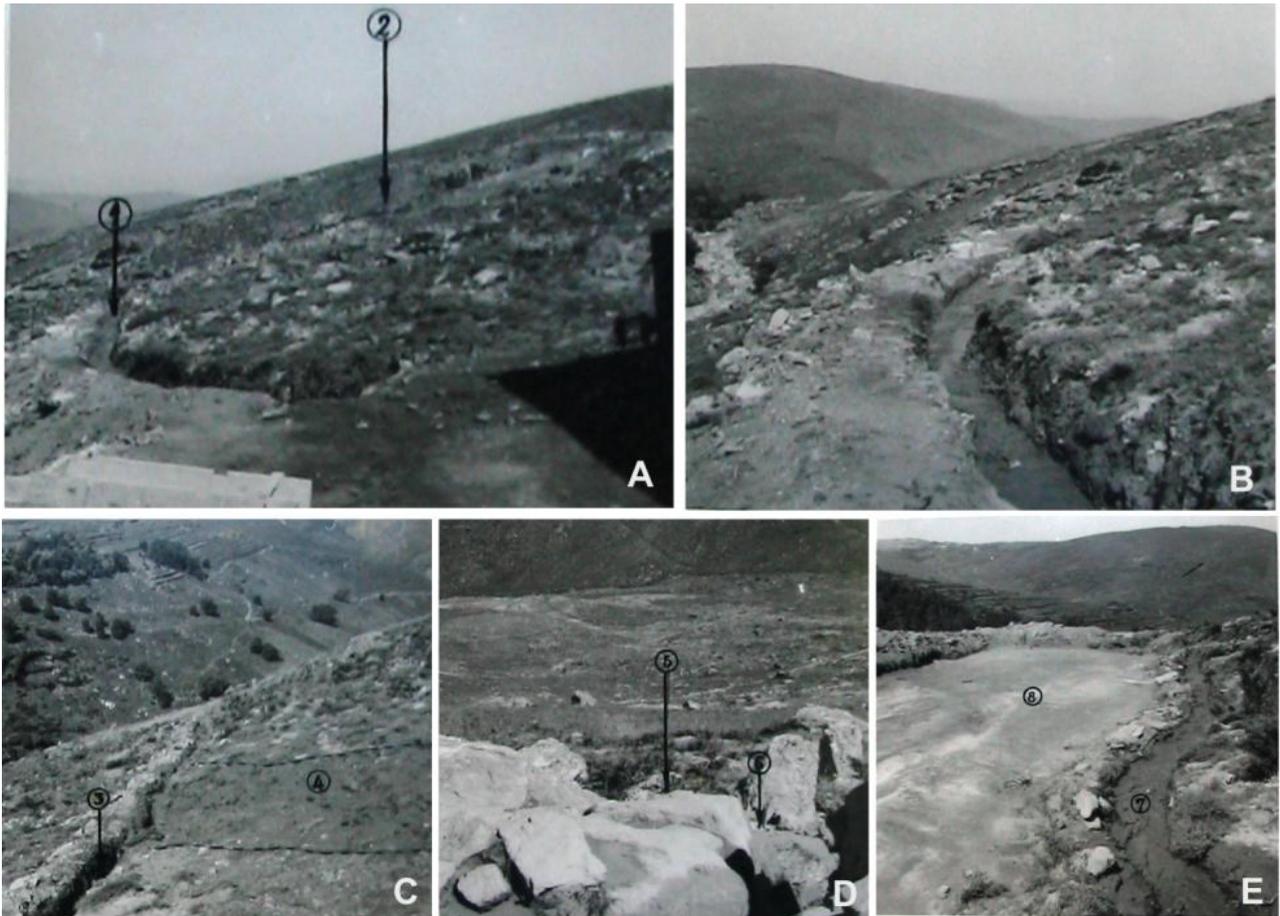
A área para escombrelas, na Lapa Grande, era referida como “*praticamente ilimitada, pois que num raio de mais de 200 metros em torno da oficina, os terrenos são baldios e sem qualquer cultura que não seja mato*”; a área para tratamento de águas residuais incluía “*7 câmaras de decantação mas muitas outras poderão ser construídas se tal se mostrar necessário*” (Lapa Grande, *Dossier 2976, PL, 1955*),

Na Cerdeirinha, “*o estéril das mesas, incluindo os da flutuação, juntamente com a rejeição da jiga, vai a tanques de decantação, aproveitando-se grande parte da água para retorno (...); para deposição do estéril dispomos, próximo da Oficina, de amplos terrenos*” (Cerdeirinha, *Dossier 2947, PL, 1954*). Esta mina suspendeu a actividade mineira por volta de 1957, ano em que se instaurou um processo de averiguação de reclamações sobre a poluição do rio Coura. Referiam-se lançamentos de águas residuais ou quedas de escombros das lavarias (Cerdeirinha ou Valdarcas), causando a morte de peixes, princípios de intoxicação de vacas, enrubescimento de roupa após lavagem. Consta no processo que foram recolhidas águas residuais e rejeitos da lavaria da Cerdeirinha, não se comprovando a relação água de efluentes mineiros e a mortandade de peixes. Considerou-se que os principais focos dispersores de impacte eram as escombrelas e não as lavarias, uma vez que as águas das chuvas aí infiltradas constituíam um efluente perigoso.

Numa “*Informação da Direcção Geral da Marinha - Direcção das Pescas, 1957*”, propunha-se a averiguação da decantação de efluentes das minas. As análises realizadas pelo Instituto de Biologia Marinha (1957), não foram conclusivas quanto à toxicidade e dose letal para o peixe. Refere-se, contudo, que “*o Fe resultante da decomposição das pirites em presença de água com um pH levemente superior a 5, pode passar ao estado coloidal ou semi-coloidal e*

*impregnando às células branquiais, e originar a morte dos peixes por combinações químicas dos seus constituintes protoplásticos.” (Cerdeirinha, Dossier 2947 – Informação do Instituto de Biologia Marinha (1957).*

No seguimento do processo, consta que a vistoria da Direcção Geral de Minas aos tanques de decantação da Cerdeirinha ocasiona o mandato de suspensão da lavaria, até que fosse restabelecido o devido funcionamento em circuito fechado das águas residuais. Na **Figura IV.27** apresenta-se o conjunto de fotografias que ilustra o relatório da Direcção Geral de Minas. Neste indica-se que os tanques de decantação/contenção de estéreis eram construídos com o próprio material da lavaria que drenava pela vertente até à Ribeira de Arga, que desembocava no Rio Coura.



**Figura IV.27.** Fotos anexas à "Informação sobre a reclamação contra o pedido de concessão Cerdeirinha"(1954), **Dossier 2947.** "A - Rego (1) que conduz o efluente à saída duma lavaria, vendo-se grande extensão do monte baldio, sem qualquer arborização (2); B - Pormenor da fotografia 1. C - Rego (3) que conduz o mesmo efluente, recebendo águas escorridas de outro efluente (4), tudo no mesmo monte pelado (a outra vertente, cultivada e arborizada, nem interessa ao caso, nem está no perímetro florestal. D - Zona extrema da parte do baldio que interessa, vendo-se uma acentuada depressão (5), do mesmo modo nua, onde a concessionária tem soltado águas. No primeiro plano, o respectivo efluente."

Segundo a legislação que vigorava durante o período de lavra do campo mineiro de Valdearcas (**Decreto n.º 18713 de 1930**), seria obrigatório "evitar a incorporação das águas de esgoto ou residuais dos trabalhos mineiros nos rios, ribeiros ou fontes, donde possa resultar prejuízo para terceiros" (Art.30º). As águas de lavagem do minério deveriam circular em rigorosos circuitos fechados ou com eficientes decantações que tornassem inócuos os efluentes a lançar nas correntes públicas, condições que neste campo não se teriam verificado. De acordo com os dados de análise documental para o estudo do funcionamento mineiro passado, este campo mineiro seria o mais crítico quanto aos vestígios de tratamento: resíduos e efluentes gerados e persistentes.

## IV.2.4. PRODUÇÃO MINEIRA DECLARADA – FONTES DE INFORMAÇÃO

Os valores de produção declarada pelos concessionários constituem elementos importantes na caracterização do funcionamento mineiro. As fontes para o estudo da produtividade são diversas e os dados por elas avançados nem sempre são concordantes, ou traduzem rigorosamente a realidade. As fontes que se consultaram foram: **1)** *dossiers* mineiros da concessão, **2)** Boletins de Minas (publicação da ex- DGMSG, actual DGEG), **3)** mapas de liquidação dos impostos de minas, (publicados na Série II dos Diários do Governo). Seguidamente apresentam-se alguns aspectos particulares de cada uma destas.

### IV.2.4.1. Dossiers Mineiros

Entre a documentação técnica que integrava os *dossiers* mineiros, os *Relatórios de Trabalhos Realizados (RTR)*, de periodicidade anual, continham informações que a concessionária enviava à CMNorte relativa ao avanço da exploração e à produção correspondente. Referiam-se as frentes de trabalhado, as quantidades de *tout-venant* processadas e ainda os concentrados produzidos. Apesar do conteúdo ser relativamente completo e detalhado, a sua referência é fragmentária, e, em muitos casos, tratada de forma distinta em cada um dos anos relatados.

No *dossier* do Couto Mineiro de Valdarcas (CM58) os RTR relativos às duas últimas décadas de lavra (1970-1980) contêm informações de carácter técnico (apetrechamento da lavaria, preparação e exploração de novos depósitos ou novas frentes) e relativas à produção de concentrados de scheelite e volframite. Uma síntese destas informações pode se consultada no **IV ANEXO**, adaptada de **Alves (2007)**.

Ocasionalmente, eram anexados formulários de estatística mineira nos *dossiers*, designadamente os “*Boletins de Estatística Mensal*”. Estes eram emitidos, no início de cada ano, pela CMNorte e enviados às concessionárias para que estas os devolvessem preenchidos. Uma parte dos dados destes boletins era publicada no periódico da DGMSG ou em estudos de caracterização do sector (**Soares Carneiro, 1971**). A sua compilação e arquivo estaria a cargo das delegações regionais e/ou central. Sobre estas fontes, por estarem menos acessíveis, não se efectuou levantamento ou pesquisa, muito embora o seu conteúdo, uniformidade e exaustividade, justificassem atenção.

Na década de 1960, é aprovado o “Código da Contribuição Industrial”, extinguindo-se o imposto proporcional sobre a indústria mineira (**DL n.º 45 103, de 1963**), os *dossiers* passam a integrar uma nova tabela “*Elementos para a Contribuição Industrial*”, em que os concessionário indicavam a produção e situação das várias minas que detinham, bem como as vendas efectuadas no país e/ou estrangeiro (indicavam-se as taxas devidas ou a sua isenção consoante o destino da produção). A partir de 1966, a DGMSG passa a pedir aos concessionários dados estatísticos em formulário alargado designado “Estatística da Industria Mineira”, (**Decreto-Lei n.º 46925, de 1966**). Aí se abordavam em pormenor cada um dos termos e descrição da mina ou concessionária inquirida: i) extracção, tratamento, expedição e depósito na Mina (minério extraído, obtido por tratamento manual/mecânico ou em oficinas metalúrgicas); ii) tratamento, expedição e depósito FORA da Mina; iii) consumo de materiais (explosivos, esteios de madeira); iv) consumo de combustíveis, energia eléctrica e lubrificantes, v) equipamento industrial (meios de transporte, ar comprimido); vi) força motriz instalada (motores primários, eléctricos, geradores e transformadores); vii) pessoal (dirigentes, administrativos, de escritório, operários na lavra

subterrânea, extracção e esgoto, lavra a céu aberto, remoção de minérios, entulhos e madeiras e ainda no tratamento, metalurgia, centrais eléctricas, oficinas gerais, construção e guarda), item que incluía ainda os encargos não obrigatórios da concessionária com o pessoal (pensão e reformas, seguros de doença, financiamento e manutenção de escolas, cantinas, infantários) e os dias de trabalho. Estes formulários não foram consultados, deixando-se, contudo, nota da sua importância e alcance num estudo aprofundado sobre a sociologia da mineração observada no N de Portugal.

#### IV.2.4.2. Boletim de Minas

Esta publicação da DGMSG, iniciada no princípio do séc. XX, pode considerar-se uma fonte de elevado interesse no estudo da produtividade mineira, muito embora a sua publicação fosse suspensa em alguns anos, na década de 1940. No Boletim incluíam-se, em secção/livro próprio, os “Movimentos de processos de minas”, relativos aos registos mineiros, demarcação de concessões e coutos, concessões abandonadas e áreas declaradas cativas. Incluía uma secção designada “Lavra de Minas” com descrições dedicadas a cada concessão – localização, concessionário, director técnico, operações, depósitos, trabalhadores, dias de trabalho, salários, oficinas e maquinaria associada, produção e expedição.

Na **Tabela IV.12** apresenta-se a informação sintetizada do **Bol.Minas (1940)**, relativo ao ano de 1937, para as concessões da RMArga. Os elementos associados à produção correspondem: ao valor de produção (Kg), ao teor do minério (%), ao valor colectável (\$) e ao imposto proporcional (\$). Na definição de **Mello Nogueira (1941)**, o valor colectável correspondia ao minério expedido das minas, vendido ou não; o imposto mineiro compreende o imposto proporcional, isto é, o imposto de 2% sobre o valor colectável dos minérios e o imposto fixo ou de superfície, que é função das áreas de concessão mineiras. Em 1929, o imposto proporcional foi suspenso e em 1930 foi reestabelecido, com ajustes e actualizações. É só a partir desta data que há registos do seu pagamento na RMArga (**Tabela IV.13**).

Os restantes dados (**Tabela IV.12**), dias de lavra, pessoal, movimentos e destinos comerciais, podem assumir-se como variáveis da produtividade alcançada pelas concessionárias, e que o **Boletim de Minas** apresenta de forma exclusiva, pelo menos até meados da década de 1940. Estes dados constituem o derradeiro contribuindo para um melhor conhecimento do funcionamento mineiro.

O ano de 1938 foi seleccionado por corresponder ao arranque (iniciado em 1937) da crescente produtividade na RMArga (registada até 1944), atendendo ao pagamento do imposto proporcional (**Tabela IV.13**). Este dado será tomado como indicador de produtividade alcançada e desenvolvido no item seguinte.

Ainda relativamente à **Tabela IV.12**, podem destacar-se as minas produtoras de W: Ribeiro do Salgueiro e Covas dos Mouros, eventualmente Senhora das Neves n.º4, esta integrando o Couto Mineiro de Gondar (CM24). A produção em Au (390g?) dever-se-ia ao Couto Mineiro de Traz Âncora (CM30). Como nota única em todo o período de concessão, é declarada produção da mina de Fe do Senhor do Socorro, 1000kg de hematite (com reduzido teor de Fe - 52%). Salvo os casos mencionados, na sua generalidade (> 75%) a produção da RMArga dizia respeito ao estanho, sob a forma de concentrados de cassiterite. As minas com destaque situavam-se na vertente E, Monteiro e Junqueiro, e os Coutos Mineiros Gondar e Traz Âncora, a W da Serra. A produção de 1938 da RMArga (Sn e W) teria sido exportada, principalmente, para a Inglaterra, Holanda e Suíça (a restante terá ficado em depósito).

**Tabela IV.12.** Síntese de elementos de estatística mineira das concessões de RMArga com produção no ano de 1938 (Bol.Minas, 1940). As linhas sombreadas correspondem aos Coutos Mineiros: Gondar (CM24) e Traz Ancora (CM30). A negrito indicam-se as sedes de tratamento.

ID	NOME Substância	Dias de Lavra	Produção (Kg)	Minério (teor%)	Valor colectável (\$)	Imposto proporcional (\$)	PESSOAL	MOVIMENTOS
115	Senhor do Socorro Fe	?	<b>1000</b>	HEM! (52%Fe)	?	?	-	-
609	Ribeiro do Salgueiro W(Sn)	50	<b>1300</b>	VOLF (70,47%W)	26664,4	534	1 Encarregado, 6 mineiros, 8 rapazes e 4 raparigas (lavra em escombreiras abandonadas)	1300 kg (VOLF) exportados - Suécia
623	Covas dos Mouros W(Sn)	120	<b>3500</b>	CAS (69%Sn) VOLF (70,47%W)	24400,2 (CAS) 32793,3 (VOLF)	1144	1 Encarregado, 4 trabalhadores, 4 rapazes e 4 raparigas	7200kg (CAS) exportados (3500kg - Holanda; 3700kg -Inglaterra) [600kg (VOLF) e 3700kg (CAS) em depósito (Porto)]
1040	Tourim Sn	46	<b>300</b>				3 Trabalhadores, 2 mulheres, 2 rapazes e 2 raparigas (exploração); 1 trabalhador, 2 mulheres e 2 rapazes (tratamento)	1000 kg (CAS) [700 kg em depósito (Porto)]
1216	Cova do Lobo Sn	160	<b>3370</b>				12 Trabalhadores, 4 mulheres, 2 rapazes e 2 raparigas (exploração); 3 trabalhadores, 3 mulheres, 2 rapazes e 2 raparigas (tratamento)	7900 kg (CAS) [4560kg (CAS) em depósito (Porto)]
1674	Orbacém Sn	120	<b>2880</b>	CAS (70%Sn)	39022,1	781	2 mineiros, 12 trabalhadores, 5 mulheres, 2 rapazes e 3 raparigas (exploração); 3 trabalhadores, 3 mulheres, 2 rapazes e 2 raparigas (tratamento)	6050 kg (CAS) [3170 kg (CAS) em depósito (Porto)]
1675	Corredouras Sn	70	<b>450</b>				2 Trabalhadores, 2 mulheres, 2 rapazes e 1 rapariga (exploração); 1 trabalhador, 2 mulheres e 2 rapazes (tratamento)	1920 kg (CAS) [1470 kg (CAS) em depósito (Porto)]
1448	Gondar   Sn							
1449	Minas   Sn							
1450	Gondar nº2   Sn							
1451	<b>Zebres</b>   Sn							
1557	Sra. Neves nº1   Sn	150	<b>4852</b>	CAS (70%Sn)	95401,1	1909	1 mineiro, 1 safreiro nos trabalhos subterrâneos; 2 trabalhadores (exploração a céu aberto); 4 mulheres (tratamento manual)	3000 kg (CAS) – Inglaterra (2420 kg em depósito na mina)
1558	Sra. Neves nº3   Sn							
1559	Sra. Neves nº4   Sn (W)							
1661	Sra. Neves nº2   Sn							
1602	Junqueiro   Sn	220	<b>16250</b>	CAS (66,6%Sn)	181950,4	3640	1 Capataz, 6 mineiros, 8 rapazes e 6 raparigas	12750 kg (CAS) exportados (4500 kg – Holanda; 8250 – Inglaterra), (3500kg em depósito no Porto)
1683	Bouças   Sn							
1684	Real nº1   Sn	90	<b>300</b>	CAS (70% Sn)	3692,9	74	1 Capataz, 4 mineiros, 4 mulheres	300kg (CAS) exportado - Inglaterra
1668	Espantar   Sn							
1669	<b>Traz Ancora</b>   Sn							
1788	Pedrulhos nº1   Sn (Au)							
1789	Espantar nº2   Sn							
1790	São Mamede   Sn							
1791	Pedrulhos nº4   Sn (Au)				102121,7 (CAS)	2042 Sn		9000kg (CAS) exportados (4000kg - Holanda; 5000kg - Inglaterra)
1792	Pedrulhos nº6   Sn (Au)							[2930kg (CAS); em depósito na mina]
1928	Rio Ancora   Sn (Au)	220	<b>7500</b>	CAS (67,3%Sn)	11076 (Au)	222 Au	1 Capataz, 6 mineiros, 6 rapazes e 4 mulheres	
1929	Rio Ancora nº2   Sn(Au)							
1930	Rio Ancora nº3   Sn(Au)							
1932	Pedrulhos   Sn (Au)							380g (Au) – Portugal
1933	Pedrulhos nº2   Sn (Au)							
1934	Pedrulhos nº3   Sn (Au)							
1935	Pedrulhos nº5   Sn (W)							
1944	Monteiro   Sn	240	<b>366000</b>	CAS (61,8%Sn)	402490	8050	1 Gerente, 1 Capataz, 5 Encarregados, 4 mineiros, 65 safreiros, 3 entivadores (lavra subterrânea); 6 operários, 24 trabalhadores, 3 mulheres (tratamento); 1 serralheiro, 1 forjador, 2 carpinteiros e 1 ajudante (oficinas).	
2018	Chão das Cancelas   Sn	50	<b>1500</b>	CAS (72,33%Sn)	19000	380	1 capataz, 4 mineiros, 4 safreiros (na lavra); 1 rapaz (à superfície); 2 mulheres (escolha manual)	1500 kg (CAS) exportados -Holanda

Nos anos 1960, o Boletim incluía, relativamente à produtividade, o “mapa dos impostos fixos das concessões mineiras e respectivos concessionários”, deixando de constar os dados de carácter mais descritivo da produção mineira, sumariamente referidos na **Tabela IV.12**. Na década de 1970, tendo sido extinta a publicação do “mapa do imposto mineiro” no DG, coube à DGMSG a publicação exclusiva desses valores, bem como o envio anual dos extractos às repartições de finanças (DL n.º 489 de 1971).

#### IV.2.4.3. Diários do Governo

Pelas lacunas referidas no Boletim de Minas, optou-se pela consulta do Diário do Governo, respectivamente os “mapas de liquidação dos impostos de minas”, publicados na Série II. Os periódicos oficiais consultados são indicados discriminadamente na Bibliografia, no item “Legislação – Diário do Governo”.

No período de 1919 a 1958, analisaram-se o **imposto fixo** (valor relativo à área, sem variação anual e, portando, apenas referente à manutenção precária da concessão) e o **imposto proporcional** (cujo valor absoluto, em escudos, não mereceu neste trabalho uma análise detalhada). Os dados recolhidos são apresentados no **VI ANEXO**. A presente análise sistematiza-se na **Tabela IV.13**, salientando a componente comparativa. Não foram incluídos na **Tabela IV.13** os anos em que não há referência ao imposto proporcional, muito embora haja a indicação do imposto fixo (1919 - 1929). Não constam na **Tabela IV.13**, pela mesma razão, as concessões para as quais não houve, em nenhum dos anos atendidos, menção ao imposto proporcional. Em cor cinza representa-se o imposto fixo, que varia de concessão para concessão, mas não varia ao longo do tempo (com excepção dos casos em que foram adicionadas áreas). No período de 1945 a 1948, não se apresentam quaisquer valores tributários pela suspensão legal à “exportação, circulação e trânsito de minérios de volfrâmio (e minérios associados), tanto pela lavra regular de minas, como por trabalhos de outra natureza, dentro e fora das concessões mineiras” (DL n.º33707, de 1944).

Os Coutos Mineiros da RMArga surgem na **Tabela IV.13** sobre as concessões mineiras que lhes deram nome, associando-se-lhes a data de demarcação do Couto. Exceptua-se o CMAguieira, associado à mina do Alto da Bouça das Freiras, onde foi instalada a sede de tratamento (*Lavaria dos Verdes*). Deve referir-se ainda que o período em apreço não inclui a produção do CMValdarcas, cuja demarcação data de 1971; todavia, faz-se a referência à sede para onde, mais tarde, vem a convergir a produção do Couto, passando a incluir a mina da Cerdeirinha.

A síntese da **Tabela IV.13** permite distinguir dois períodos, o antes e o após bloqueio de 1944. Até aí, destacam-se 6 centros fundamentais de produção de Sn, no quadrante N da RMArga (Fonte Nova), no quadrante S (Mata de Vila Mou), na vertente E da RMArga (Junqueiro e Monteiro) e na vertente W (CMDem e CMGondar). No período após 1948, estes centros diminuem significativamente a sua expressão produtiva. Surgem os centros: a S (Gondamieiro e Vila Mou), a SE (Lobatos), a SW (CMAguieira) e a N (Castelhão e Valdarcas). A produção é essencialmente de W (menos Sn e Nb-Ta). Nesta segunda fase, podem ainda distinguir-se os períodos antes e após 1954, em que Castelhão representa o primeiro e Valdarcas (Cerdeirinha e Lapa Grande) representam a continuidade para as décadas seguintes (ilustradas na **Tabela IV.13**).

As principais oscilações na produção, depreendidas da **Tabela IV.13**, estão relacionadas com os períodos de oscilação no mercado nacional, referidos no **III Capítulo**: II Guerra Mundial (1939-1945) e Guerra da Coreia (1950-1953).

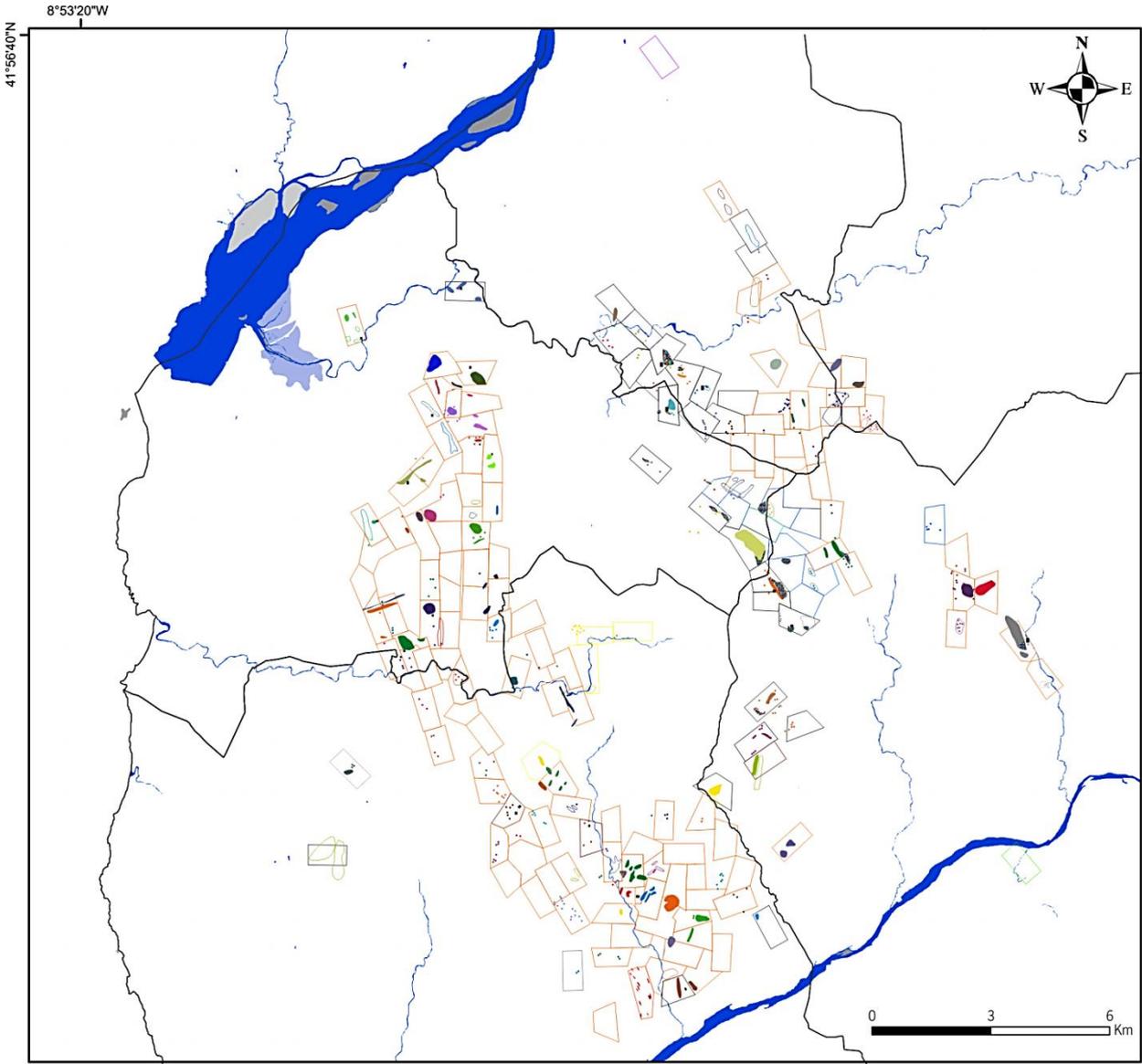
Tabela IV.13. Síntese comparativa da tributação fiscal declarada para as concessões da RMArga no período de 1930 e 1957 (VI ANEXO)

ID	NOME	SUBSTÂNCIA	CONCESSÃO	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957
565	Bouça d'Água ou Carvalha	WSn	1913																								
609	Ribeiro do Salgueiro	WSn	1930																								
610	Tapada e Gesteira	WSn	1913																								
623	Covas dos Mouros	W	1913																								
758	Costa das Minas	Sn	1917																								
803	Serra de Santa Justa	W	1918																								
964	Fonte Nova	Sn	1920																								
1001	Paradela	Sn	1921																								
1040	Tourim	Sn	1921																								
(1172)	<b>Dem (CM6)</b>	Sn	<b>1923</b>																								
1216	Cova do Lobo	Sn	1922																								
(1448)	<b>Gondar (CM24)</b>	Sn	1924																								
1485	Alto da Mina	SnTa	1924																								
1486	Mata de Vila Mou	SnTa	1924																								
1553	Monte da Gávea	AsSn	1926																								
1602	Junqueiro	Sn	1947																								
1649	Candosa	Sn	1950																								
1656	Azevedo n.º 8	Sn	1928																								
1660	Ponte de Saim	Sn	1928																								
1668	Espantar	Sn	1928																								
(1669)	<b>Traz Ancora (CM30)</b>	Sn	<b>1938</b>																								
1670	Traz Ancora n.º 2	Sn	1928																								
1674	Orbacém	Sn	1929																								
1675	Corredouras	Sn	1929																								
1683	Bouças	Sn	1929																								
1684	Real	Sn	1929																								
1785	Aguieira n.º 10	Sn	1958																								
1786	Aguieira n.º 6	Sn	1928																								
1787	Aguieira n.º 4	Sn	1971																								
1944	Monteiro	Sn	1937																								
2018	Chão Cancelas	Sn	1942																								
2150	Boavista	Sn	1946																								
2191	Ínsua n.º 1	Sn	1946																								
2193	Mãos	WSn	1946																								
2194	Corzes	Sn	1946																								
2195	Serra de Covas	WSn	1946																								
2196	Serra de Covas n.º 1	WSn	1946																								
2201	Lobatos	SnWta	1947																								
2203	Santa Luzia n.º 3	WSn	1959																								
2217	Tourim n.º 2	SnAu	1947																								
(2223)	<b>Alto da Bouça das Freiras (CM51)</b>	SnW	<b>1952</b>																								
2236	Ribeiro de Seixalvo	Sn	1947																								
2237	Pedrinhas Brancas n.º 1	Sn	1947																								
2241	Castelhão	WSn	1947																								
2268	Corzes n.º 2	Sn	1947																								
2276	Corzes n.º 3	Sn	1947																								
2280	Real n.º 1	Sn	1947																								
2296	Regueira da Sobreira	Sn	1948																								
2339	Cabanas	SnW	1948																								
2361	Folgadoura	SnAu	1949																								
2416	Baixa das Ervas	SnW	1949																								
2466	Vila Mou	WSn	1949																								
2477	Couto Russo n.º 1	Sn	1949																								
2479	Ribeiro de Áspera	Sn	1949																								
2535	Escusa	Sn	1950																								
2634	Serra de Covas n.º 2	SnW	1950																								
2663	Cavalinho	WSn	1950																								
2664	Lagoa	WSnAu	1950																								
2670	Gondamieiro	WSnAu	1950																								
2905	Monte do Formigoso	NbTa	1954																								
(2944)	<b>Valdarcas (CM58)</b>	W	<b>1971</b>																								
2946	Cobalto n.º 2	SnW	1961																								
2947	Cerdeirinha	W	1954																								
2976	Lapa Grande	W	1955																								

Imposto Fixo:  Imposto Proporcional: Menor Valor    Maior valor

### IV. 3. CAMPOS MINEIROS - ELEMENTOS DE FUNCIONAMENTO E RECONHECIMENTO DE VESTÍGIOS

O funcionamento mineiro passado foi analisado nas suas componentes de exploração, propriamente ditas (métodos e técnicas), e tratamento (processos e equipamentos). No mapa da **Figura IV.** estão localizados diversos tipos de vestígios da lavra mineira passada, implantados a partir da cartografia mineira presente nos *dossiers*.



**LEGENDA**

**VESTÍGIOS DE LAVRA MINEIRA FORMAL**

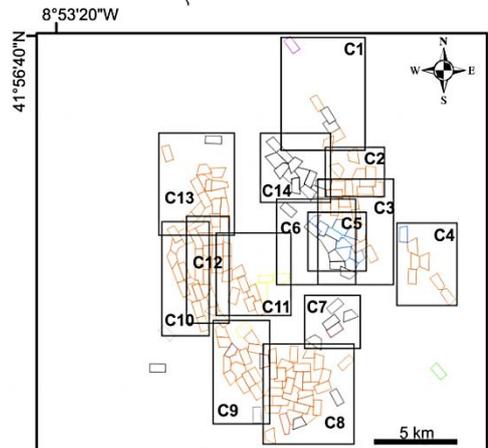
(cores sem significado específico, discriminação entre áreas de concessão)

- Localização de trabalhos de pesquisa e exploração - implantação a partir dos Planos de Lavra em Dossier de Concessão (georreferenciação pelos limites da área de concessão)
- Áreas com trabalhos mineiros dispersos - reconhecimento no Ter. e em I.Sat. - em subsolo e a céu aberto (profundidade > 2m)
- Áreas com trabalhos mineiros dispersos - - reconhecimento no Ter. e em I.Sat. - sobre placers ou a céu aberto sobre afloramento (profundidade < 2m)
- Áreas de dispersão de rejeitos mineiros - - reconhecimento no Terreno (espectro alargado de calibres - blocos a lamas de elevada cominuição)

**CONCESSÕES MINEIRAS**

Substâncias exploradas

W	Sn	Sn Au	Ti	Qz+Feld
WSn	Sn(Ta)	Ta Nb(Au)	Fe	



**Figura IV.28.** Mapa dos vestígios do funcionamento mineiro passado – localização dos campos mineiros: Serra de Covas (C1), Lousado (C2), Cabração (C3), Formigoso (C4), Junqueiro (C5), Argas (C6), Santa Justa (C7), Vila Mou (C8), Agueira (C9), Vale do Âncora (C10), Traz Âncora (C11), Gondar (C12), Dem (C13) e Valdarcas (C14). **ABREVIATURAS:** Terreno (Ter); Imagens de Satélite (I.Sat).

Na construção do mapa dos vestígios de lava, convencionou-se a representação de um perímetro alargado (aproximadamente o dobro do limite original dos vestígios), onde poderiam ocorrer, com maior probabilidade, outros vestígios relacionados com a actividade mineira.

Serão apresentados, por campo mineiro, as áreas reconhecidas com vestígios. Para isso, destacam-se alguns dos elementos que até agora apoiaram a descrição do funcionamento mineiro passado da RMArga: métodos de exploração, tratamento do minério e produção declarada.

Os vestígios mineiros foram agrupados por “campos mineiros”, em função das semelhanças do processo extractivo e do tipo de depósitos minerais explorados. A implantação dos vestígios foi feita sobre o modelo digital de terreno (MDT) e a cartografia geológica (adaptada de Dias, 2012, I Capítulo, Figura I.3). Indicam-se, ainda, por cada campo, os sucessivos concessionários de minas e alguns dados técnicos e cronológicos recolhidos dos processos mineiros.

### IV.3.1. Campo Mineiro da Serra de Covas (C1)

Situado no sector NNE da RMA (Figura IV.), dentro dos limites administrativos de Vila Nova de Cerveira (VNC), o campo mineiro compõe-se por seis áreas de concessão (Tabela IV.14). A lava incidiu sobre depósitos filonianos aplito-pegmatíticos mineralizados pela cassiterite. Parte destas minas explorou também filões de quartzo com volframite. Na sua maioria, os filões desmontados seguem o andamento N-S, são próximos da vertical e têm possanças relativamente baixas (0,2 a 1m). Integram o termo norte da Faixa Mineira Gávea-Cabanas (F1), com orientação N20°W, paralela ao segmento de Romarigães do desligamento Vigo-Régua.

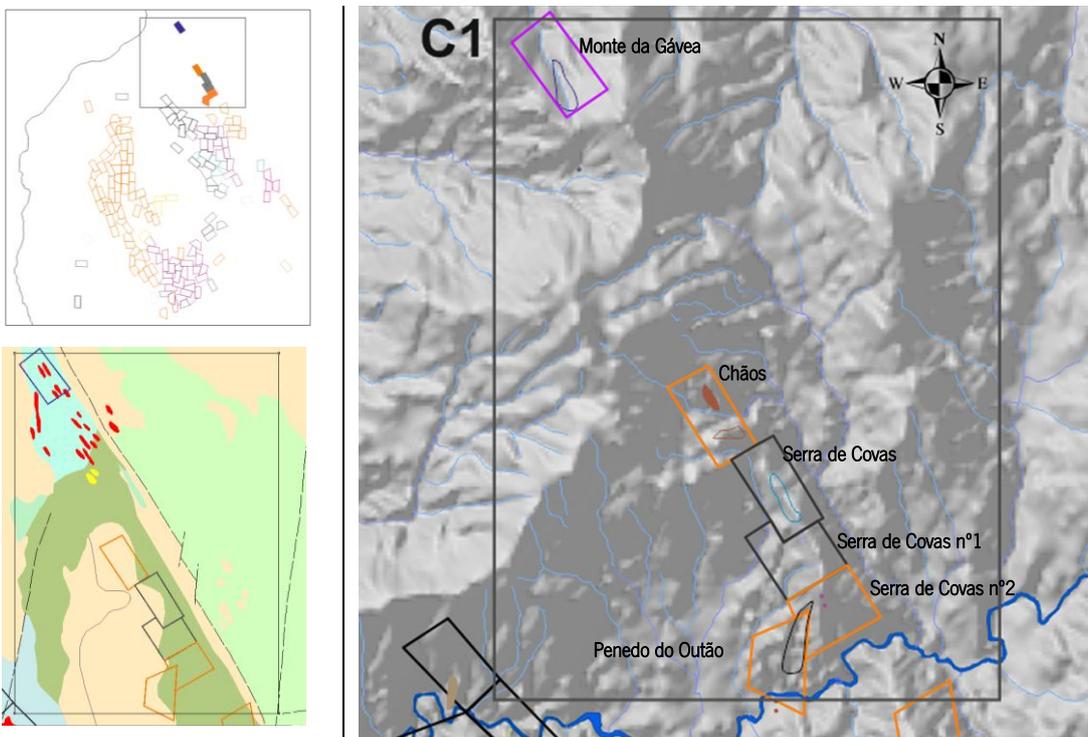


Figura IV.29. Localização do Campo Mineiro da Serra de Covas. Base geológica (Adaptada de Dias, 2012, legenda na Figura I.3, Capítulo I); modelo digital de terreno (MDT) com a implantação dos trabalhos mineiros antigos (Legenda de vestígios equivalente à Figura IV. 26). O curso de água principal, a Sul, é o Rio Coura.

A primeira concessão atribuída neste campo, em 1926, aquela que se encontra mais afastada do maciço d'Arga, para N., foi concedida para as substâncias ARS e CAS e designada como Monte da Gávea, (*Dossier 1553, PL, 1927*). O seu registo foi pedido por dois ourives de Viana do Castelo e a concessão atribuída à Sociedade Mineira Vianense (SMVianense). A área de concessão corresponde a um vale muito encaixado entre a Serra da Salgosa e a Serra da Gávea, percorrido por um afluente do Rio Minho. Trata-se da única concessão a explorar As, substância relativamente atípica no cômputo dos recursos-base regionais. Teve interesse apenas no final do séc. XIX. No contexto nacional, só a Mina do Pintor (As e W), no distrito de Aveiro, teve um objecto de lavra similar.

As restantes concessões ocupam a cumeada da Serra de Covas, onde ainda se reconhecem, em relevo positivo e contraste visual, alguns segmentos do afloramento principal aplito-pegmatítico, abruptamente interrompido pelo Rio Coura. Nestas concessões, a lavra terá tido início nos anos 1940, possivelmente com aproveitamento informal de depósitos detríticos dos cursos de água que drenam para o Rio Coura e próximos dos afloramentos mineralizados. Reconheceram-se ainda incidências mineiras rudimentares sobre os afloramentos, segundo sanjas e poços, na mina da Serra de Covas (*Dossier 2195, PL, 1941*). As primeiras concessões foram exploradas pela empresa Geomina, representando, em 1947, segundo os mapas de tributação mineira, cerca de 25% da produção total da RMArga, indiscriminadamente W e Sn (**VI ANEXO**).

A abordagem aos depósitos foi muito condicionada pela inclinação dos terrenos. Neste campo mineiro, em particular, empregaram-se duas soluções: no caso de zonas de cumeada e vertente recorreu-se à galeria travessa, em flanco de encosta (minas de Monte da Gávea, Serra de Covas e Chãos); no caso das zonas mais planas, o acesso fez-se através de poços mestres ou poços de extracção (Penedo do Outão, *Dossier 2640, PL, 1941*, esboço na **Tabela IV.14**).

**Tabela IV.14.** Síntese das antigas concessões que integram o Campo Mineiro da Serra de Covas, principais elementos identificadores.

Nº	NOME*	SUBSTÂNCIA(S) - ALVO	CONCELHO - Freguesia	MINÉRIO(S) Explorado(s)	CONCESSIONÁRIOS (concessão/transmissão)	CONCESSÃO INÍCIO FIM <sup>a</sup>
1553	Monte da Gávea	As, Sn	VNC - Reboreda	ARS+CAS	SMVianense (1924)	1926 1992 R
2195	Serra de Covas	W, Sn	VNC - Gondar	VOLFF+CAS	Geomina (1941)	1946 1966 A
2196	<b>Serra de Covas nº1</b>	W, Sn				1946 1967 N
2634	Serra de Covas nº2	Sn, W		CAS+VOLFF		1950 1966 N
2635	<b>Chãos</b>	Sn	VNC - Covas		FMelo (1941) MAirosa/MCunha (1951-54) Geomina (1964)	1950 1966 N
2640	<b>Penedo do Outão</b>	Sn		CAS		1950 1966 R

\*Nome das antigas concessões mineiras; a **negrito** indicam-se as que possuíam oficina de preparação em edifício próprio.

<sup>a</sup>Ano de termo de concessão e situação actual: R) revogada; A) abandonada; N) anulada

O tratamento dos minérios envolvia as etapas convencionais: num primeiro momento, a escolha em mesas e telas, a que se seguia a fragmentação em britadores ou moinhos, a classificação selectiva, por calibres, em crivos e jigas ou buchas e a concentração em caleiras e mesas (**Figura IV.30, Figura IV.31**).

A mina de Serra de Covas nº1 era uma sede para tratamento de minérios das restantes concessões, da mesma empresa, com excepção da mina de Chãos, que tinha lavaria própria. Nesta lavaria o apuramento era rudimentar – em caleira – com produtos finais indiscriminados de Sn e W, com calibres abaixo de 1.2mm. O empreendimento de Penedo do Outão (**Figura IV.30**), mecanizado e movido com energia eléctrica, assegurava dupla fragmentação e separação dos

calibres 4 e 2 mm para caieira e mesas oscilatórias, onde os produtos eram igualmente mistos de CAS e VOLF (separação puramente hidrográvítica).

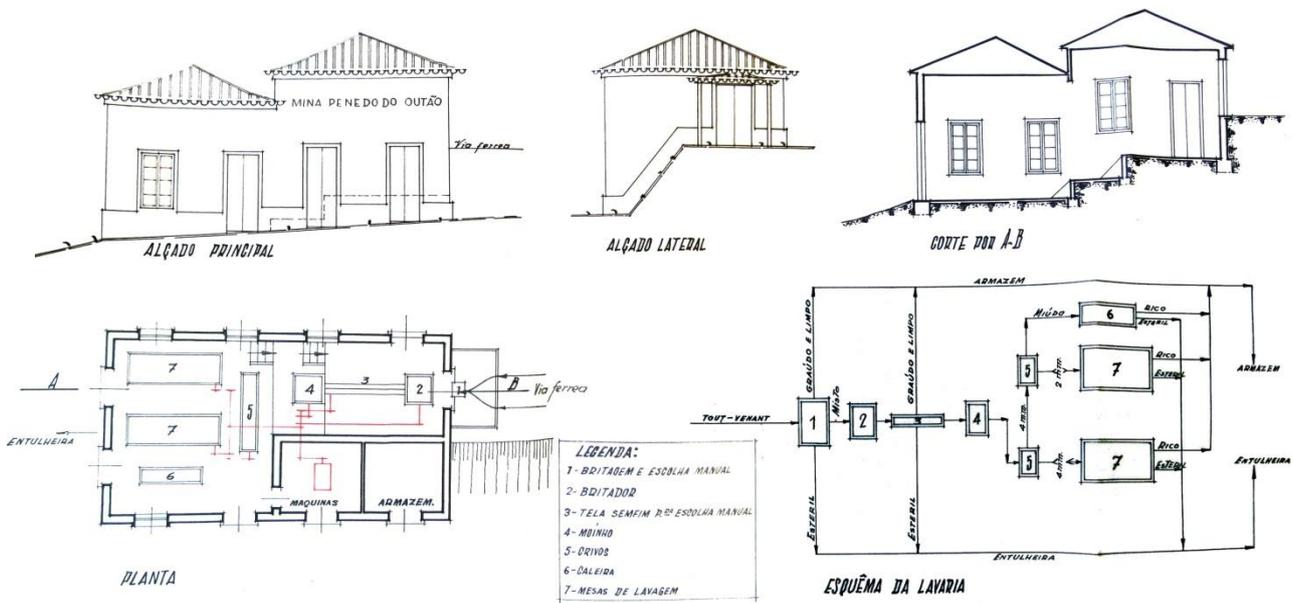


Figura IV.30. Lavaría e seqüência de tratamento dos minérios da concessão Penedo do Outão, sob administração de Ferreirinhas & Melo, plano do Eng.º Armando Cesar Lopes Pimentel (1941), *Dossier 2640*.

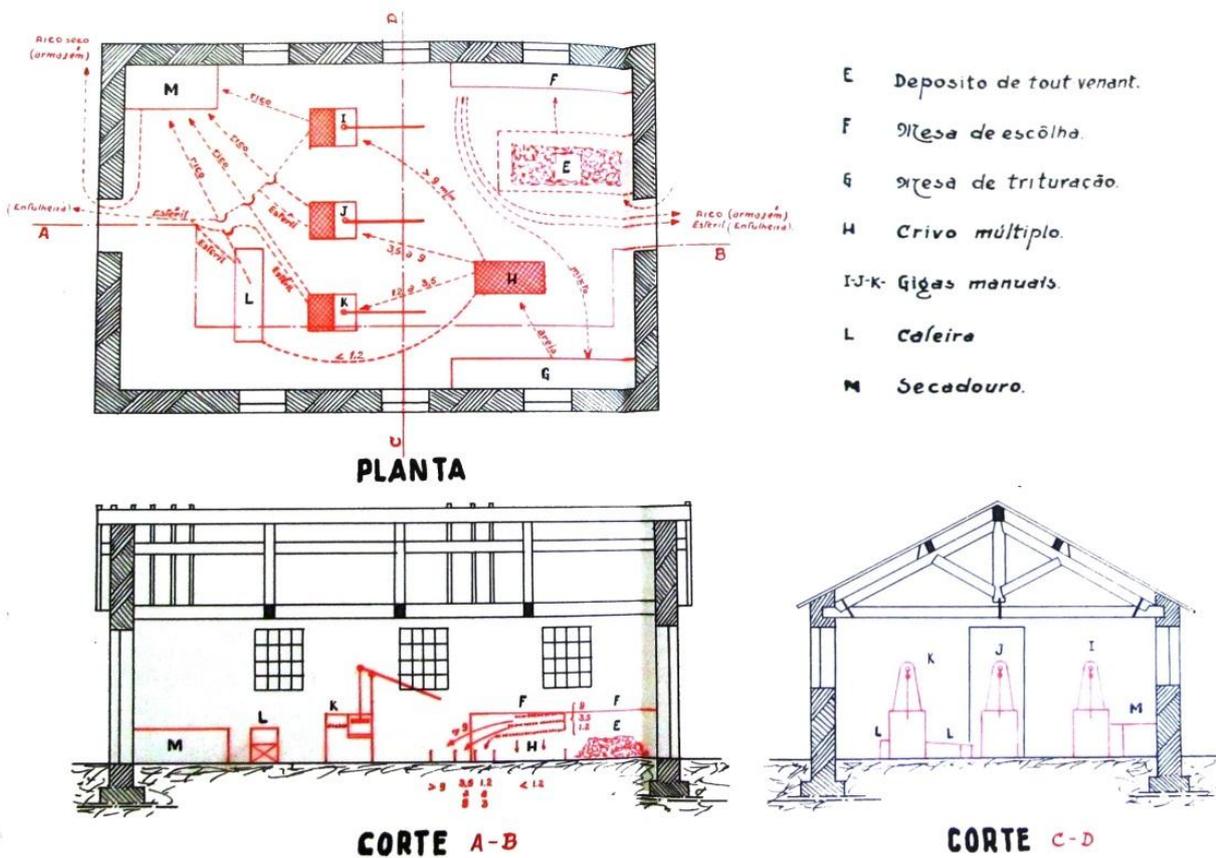


Figura IV.31. Lavaría e seqüência de tratamento dos minérios da concessão Serra de Covas nº1, sob administração de Geomina, plano do Eng.º Artur Mendes Costa (1941), *Dossier 2196*.

### IV.3.2. Campo Mineiro do Lousado (C2)

Este campo situa-se a NE na RMArga (Figura IV.32) e no concelho de Paredes de Coura (PCR). As sete áreas de concessão que se lhe atribuem (Tabela IV.15) foram delimitadas na cumeada da Serra do Lousado e na sua encosta Sul, que corresponde à nascente e troço alto do Rio Estorãos (ainda Ribeira de Formigoso); o campo está limitado a Norte pelo curso médio do Rio Coura.

Os depósitos-alvo eram filões aplito-pegmatíticos mineralizados pela cassiterite, em que as ocorrências mostravam elevada greissenização e/ou caulínização, o que teria facilitado o desmonte (Serra do Lousado, Dossier 2192, PL, 1946). Também os *placers* constituíam depósitos importantes, situados em toda a rede de tributários de primeira e segunda ordem dos Rios Coura e Estorãos, e bem reconhecíveis no modelo digital de terreno da Figura IV.32.

Pelos vestígios indicados nos esquemas dos planos de lavra das minas de Ribeira de Áspera e Santa Cristina, a área de exploração preferencial foi a W do Ribeiro das Mós e da Ribeira da Amieira e a E do Regato do Outeiral (actualmente condicionado pela Auto-estrada A3) (Figura IV.32).

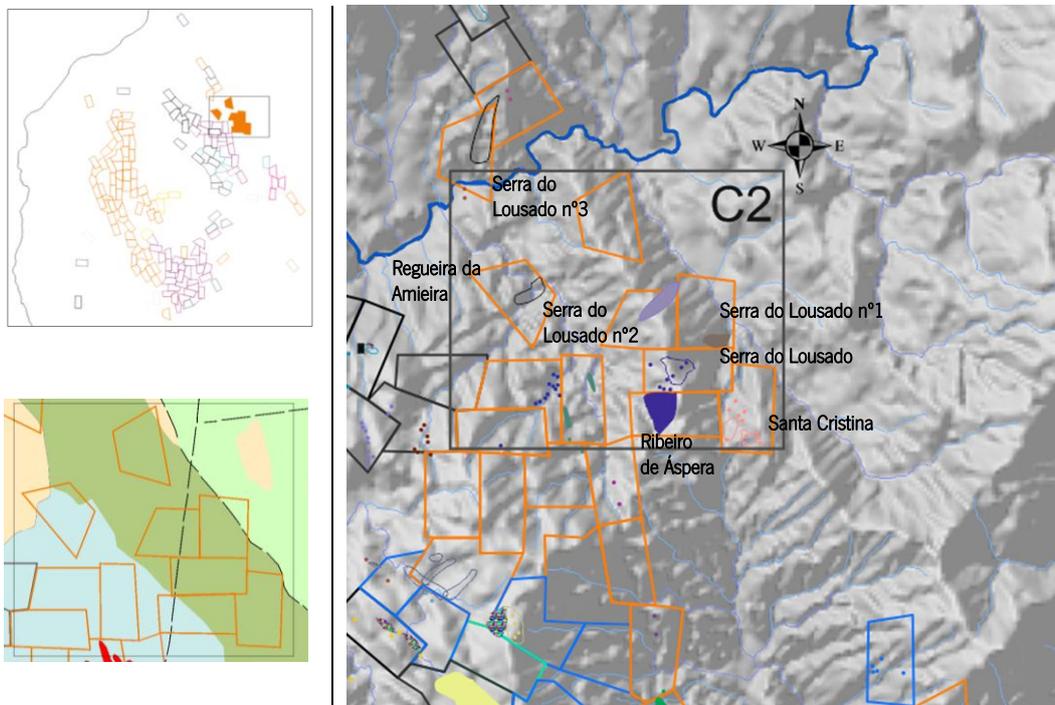


Figura IV.32. Localização do Campo Mineiro do Lousado. Base geológica (Adaptada de Dias, 2012, legenda na Figura I.3) e modelo digital de terreno (MDT) com a implantação dos trabalhos mineiros antigos (Legenda Figura IV.28); o curso de água principal, a Norte, é o Rio Coura.

Reconhecem-se afloramentos filonianos na cumeada e encostas da Serra do Lousado, que são concordantes com as orientações, indicadas nos planos de lavra, para as séries de filões aplito-pegmatíticos explorados desde N5°W a N70°W, muito inclinados e possanças variando de 1 a 2,5m. Referiam-se “*filetes de quartzo branco e vitroso*” que atravessavam os filões principais e ainda um outro tipo de filão designado de “cruzador”, com orientação E-W, possança menor que os filões N-S e constituídos, praticamente, só por quartzo. Para estes filões E-W indicavam-se elevados conteúdos de cassiterite, facto que também se verificava nas zonas de contacto com evidências de greissenização. Para as concessões de Serra do Lousado e Ribeira de Áspera referem-se os teores mais elevados de 6 a 10kg/ton de cassiterite (picos de concentração), onde ocorriam cristais centimétricos.

Tabela IV.15. Síntese sobre antigas concessões que integram o Campo Mineiro do Lousado

Nº	NOME*	SUBSTÂNCIA(S) ALVO	CONCELHO - Freguesia	MINÉRIO(S) Explorado(s)	CONCESSIONÁRIOS (Pedido de Concessão e/ou Transmissão)	CONCESSÃO INÍCIO FIM <sup>a</sup>
2192	Serra do Lousado	Sn	PCR - Coura		CFM (1941) SMARco (1963) Geomina (1970)	1943 1966 N
2283	Regueira da Amieira	Sn	VNC - Covas	CAS	CasteloBranco (1941) SMAmieira (1951)	1943 1967 A
2431	Serra do Lousado nº1	Sn				1941 1991 R
2432	Serra do Lousado nº2	Sn	PCR - Coura		CFM (1938-40) SMARco (1963)	1941 1991 R
2433	Serra do Lousado nº3	Sn			Geomina (1970)	1941 1991 R
2479	Ribeiro de Áspera	Sn				1940 1992 R
3270	Santa Cristina	Sn	PCR - Romarigães	CAS + NbTAN	PMCas (1956)	1956 1967 N

\*Nome das antigas concessões mineiras; a **bold** indicam-se as que possuíam oficina de preparação em edifício próprio.

<sup>a</sup>Ano de termo de concessão e situação actual: R) revogada; A) abandonada; N) anulada

Na década de 40 do séc. XX (Tabela IV.15), a maior parte destas concessões pertencia à *Compagnie Française des Mines* (CFM). A entidade que, em 1943, obteve a concessão da mina Regueira da Amieira foi *Castelo Branco & C.*<sup>9</sup>, uma empresa de “Comissões, Consignações e Conta-Própria - Exportação e Importação”, cujo proprietário – piloto aviador – foi referido, nas entrevistas de alguns mineiros, pelo inusitado comportamento de visitar as suas *minas* numa *avioneta*. Esta concessão terá sido a que registou maior desenvolvimento tecnológico. Em Relatórios de Reconhecimento e Autos de Visita (*Dossier 2283*) relatava-se a existência de uma galeria principal e três galerias travessas, com iluminação eléctrica e vias *Decauville*, uma lavaria mecânica e um hidrogerador (possuía ainda um telefone entre escritório e lavaria).

Segundo os mapas de tributação mineira, a contribuição desta mina na produção total da RMArga não terá atingido 2 % (VI ANEXO).

A concessão de Santa Cristina foi a mais tardia, pedida pela Promotora - Minas de Cassiterite (PMCas) em 1956. No seu *Plano de Lavra (1957)*, indicava a existência de muitos trabalhos antigos (*Dossier 3270*), que hoje se podem reconhecer na proximidade da capela de Santa Rita (não era rara a falta de coincidência do nome da concessão e a toponímia local, de que é exemplo o nome desta mina e da capela que marca o seu ponto central - o facto pode dever-se ao registo mineiro e pedido de concessão ser feito por indivíduos ou entidades estranhas ou distantes da região em causa. Nota-se também que a designação não é a mesma entre o que refere a população e a que está nas cartas geológicas e topográficas 1:25.000).

A lavra informal teve forte implantação no período de 1930 a 1950. A falta de vias de comunicação e o terreno pouco acessível tornavam estas áreas menos controladas por parte das entidades fiscalizadoras. Por outro lado, as características dos depósitos filonianos – extensos afloramentos e matrizes friáveis e argilosas, mostravam-se fáceis de escavar e apurar. A existência de muitos cursos de água, com um perfil propício ao aprisionamento e concentração de minerais densos, motivaria ainda as lavras furtivas e a afluência da mineração informal.

Um facto interessante é a existência do “Castro da Bustarenga” dentro do perímetro da concessão da Serra do Lousado e a proximidade ao “Castro do Couto do Ouro”, na elevação a nascente. Estes castros poderão indiciar interesses mineiros ancestrais, cujos eventuais vestígios poderão ter sido obliterados pela exploração no séc. XX.

As lavarias de Regueira da Amieira (Figura IV.33) e de Serra do Lousado (Figura IV.34) tiveram esquemas bastante convencionais.

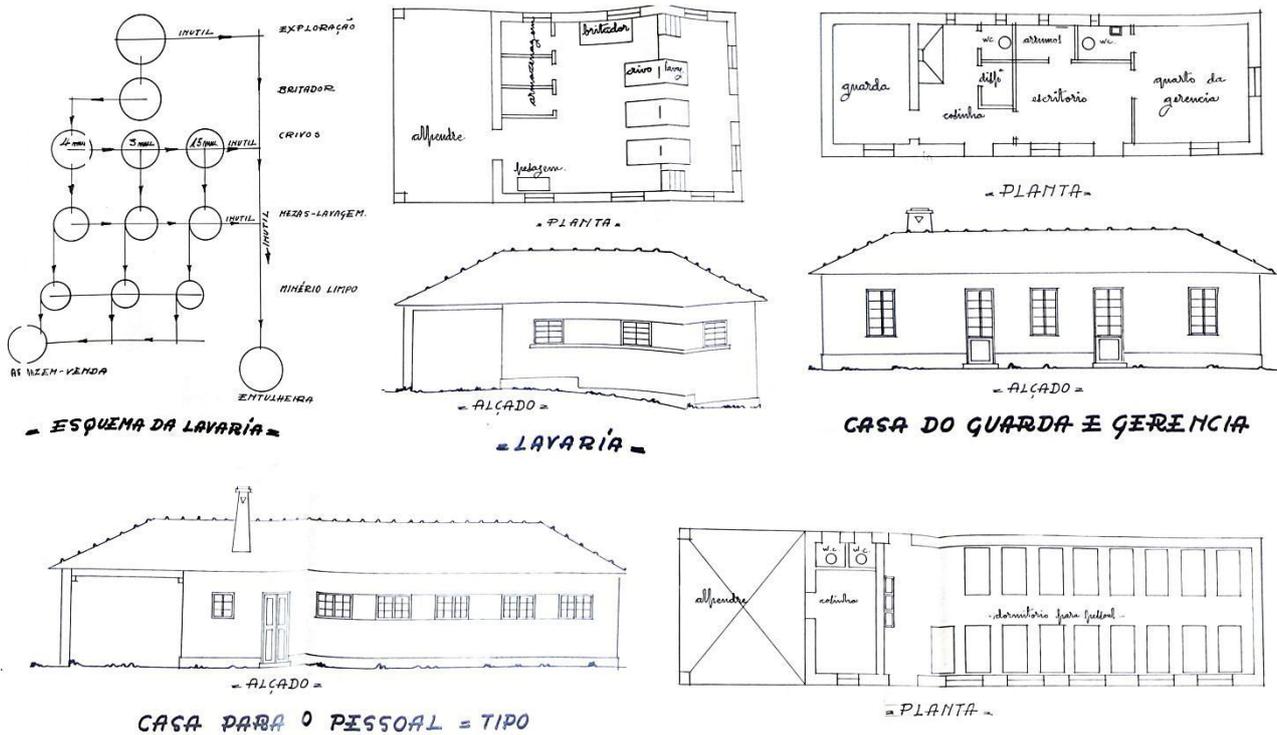


Figura IV.33. Lavaria e seqüência de tratamento dos minérios da concessão Regueira da Amieira, sob administração de Castelo Branco & C.<sup>a</sup>, Lda., plano do Eng.º Oscar Vieira Gaspar Neves (1941), *Dossier 2283*.

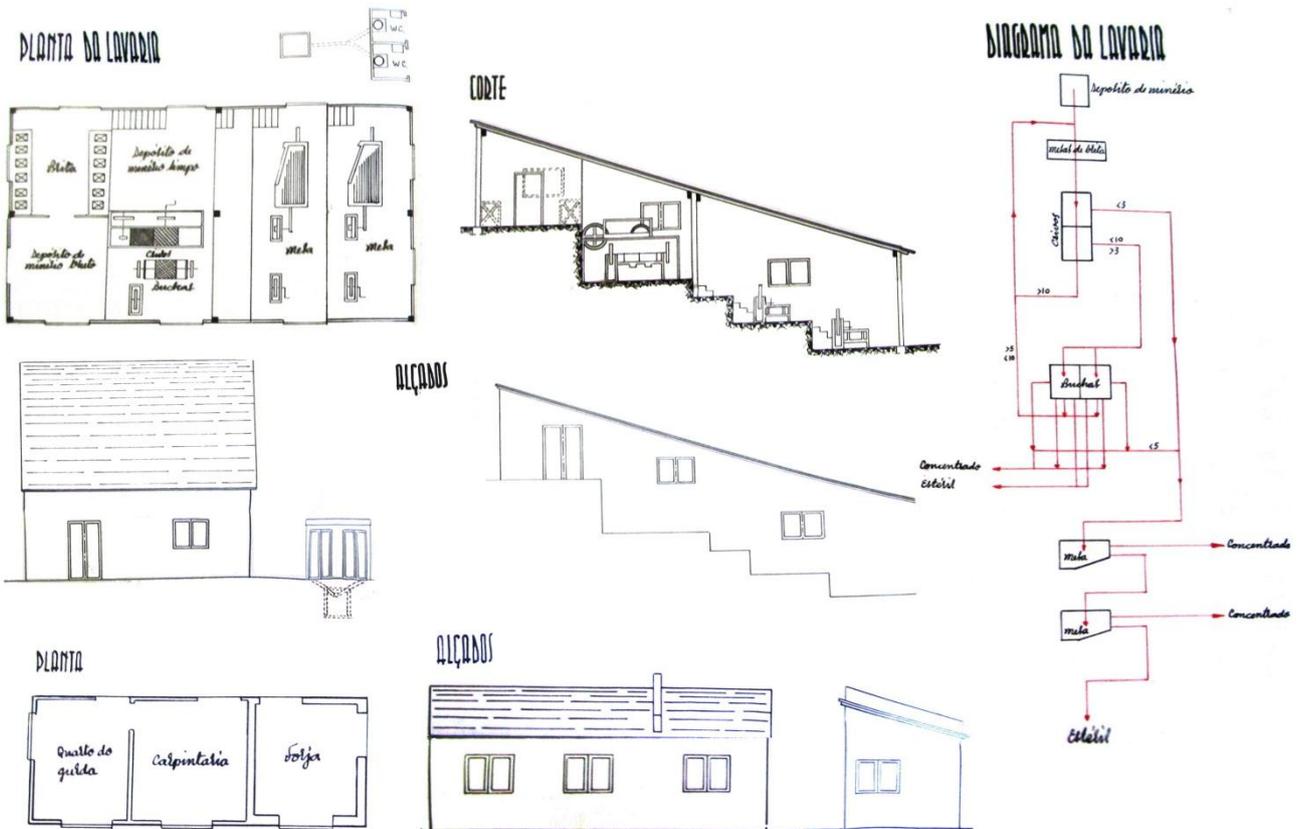
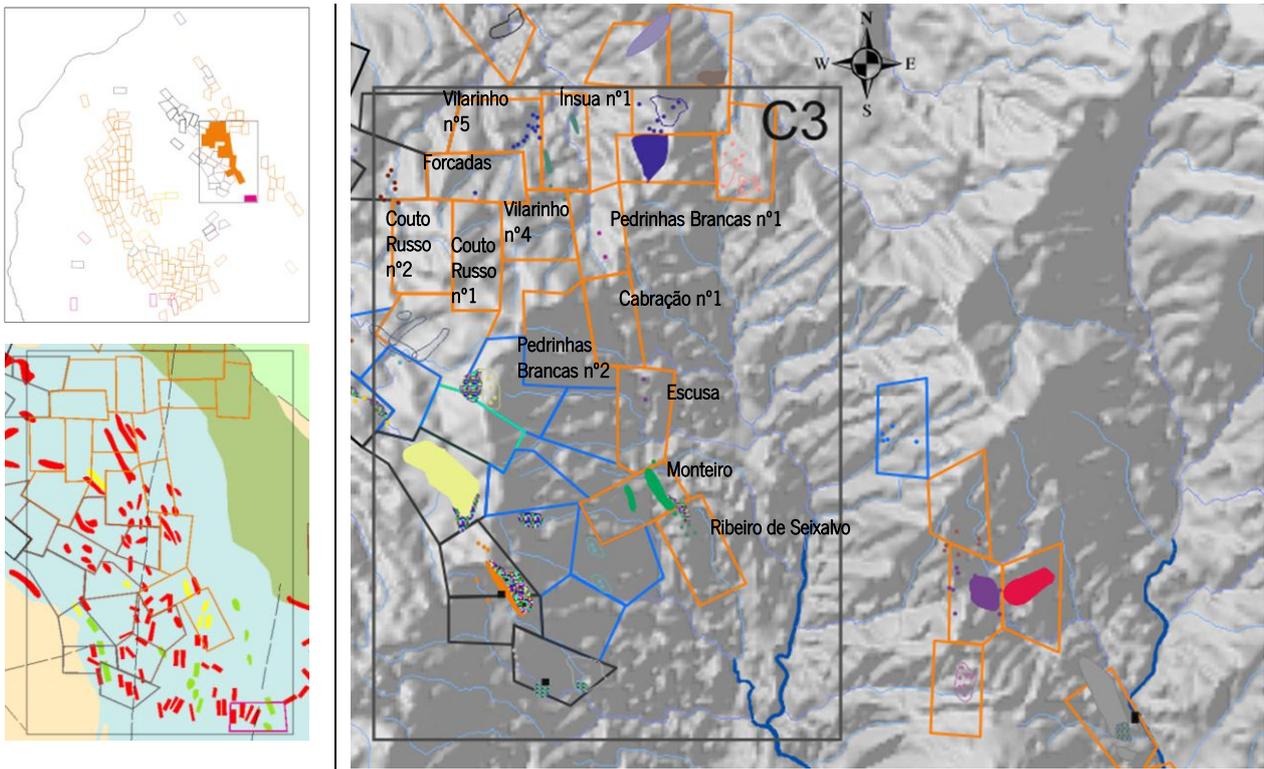


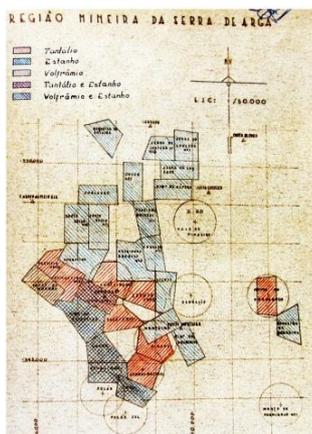
Figura IV.34. Lavaria, diagrama de tratamento dos minérios e anexos mineiros (Casa do guarda, carpintaria e forja) da concessão Serra do Lousado, sob administração de Compagnie Française des Mines, plano do Eng.º Augusto Barata da Rocha (1941), *Dossier 2192*. Nota: Esquemas iguais foram apresentados para a concessão de Ínsua nº1 (C4), respectivo à mesma concessionária e à mesma direcção-técnica. Os anexos mineiros foram apresentados igualmente para Ribeira de Áspera (C2), Couto Russo (C4) e Mãos (C6) com ligeiras modificações.

### IV.3.3. Campo Mineiro da Cabação (C3)

Este campo mineiro fica situado na vertente NE do maciço de Arga (**Figura IV.35**). Nos finais dos anos de 1950, era conhecido por “Minas da Cabação” e foi sendo representado nos documentos técnicos da CMNorte como área de referência da Região Mineira da Serra d’Arga, abrangendo os campos de Lousado (C2), Formigoso (C4), e ainda os campos de Junqueiro (C5) e Argas (C6). No seu conjunto, incluem as principais substâncias-alvo e as tipologias de depósitos mais comuns na RMArga (**Figura IV.36**).



**Figura IV.35.** Localização do Campo Mineiro da Cabação. Base geológica (adaptada de **Dias, 2012**, legenda na **Figura I.3, Capítulo I**); MDT com a implantação dos trabalhos mineiros antigos (Legenda **Figura IV.28**), curso de água principal: alto curso do Rio Estorãos



**Figura IV.36.** Zonografia das minas da Cabação por substância (195?) *Dossier 2905*.

O campo da Cabação integra 13 concessões (**Tabela IV.16**), alinhadas na Faixa de Vilarinho-Cabração-Seixalvo (F2), incluindo a S o registo da pedra “Lugar da Mata”, vulgo Lourinhal, para exploração de quartzo e feldspato em pegmatito com um espectro diversificado e notável de mineralizações de fosfato (**Leal Gomes, 1999a,b**).

O campo está numa área de convergência dos concelhos – Ponte de Lima, Paredes de Coura e Caminha (CMN), cujo centro produtivo e administrativo foi a aldeia de Cabação. O terreno é muito declivoso, no contraforte E do maciço d’ Arga, com pequenas cumeadas secundárias, definidas por inúmeros filões aplito-pegmatíticos (Base geológica da **Figura IV.35**). É drenado por muitos cursos de água que confluem para o Ribeiro da Corte e do Formigoso (a N), o Ribeiro de Seixalvo e de Fragos (a S), todos eles afluentes do Rio Estorãos.

Tabela IV.16. Síntese sobre as antigas concessões que integram o Campo Mineiro de Cabração

Nº	NOME*	SUBSTÂNCIA(S) ALVO	CONCELHO - Freguesia	MINÉRIO(S) Explorado (Pesquisado)	CONCESSIONÁRIOS (Pedido Concessão/ Transmissão)	Concessão INÍCIO FIM*		
1944	<b>Monteiro</b>	Sn	PTL - Cabração	CAS, (Au), (SCH)	CFM (1936) SMARco (1963) Geomina (1971)	1937	1991	R
2191	<b>Ínsua nº1</b>	Sn	VNC - Covas	CAS		1940	1991	R
2236	Ribeiro de Seixalvo	Sn	PTL - Cabração	CAS, (SCH)		1938	1991	R
2237	Pedrinhas Brancas nº1	Sn		CFM (1938) SMARco (1962) Geomina (1971)	1940	1991	R	
2238	Cabração nº1	Sn	CMN - Arga de Baixo Arga de Cima	CAS, NBTAN, (SCH)		1940	1991	R
2477	Couto Russo nº1	Sn		CAS	1940	1992	R	
2478	Couto Russo nº2	Sn	PTL - Cabração	CAS, NBTAN, (SCH)	CFM (1940)	1940	1992	R
2480	Pedrinhas Brancas nº2	Sn		CAS	SMARco (1963)	1940	1992	R
2481	Forçadas	Sn	PTL - Cabração	CAS, NBTAN, (SCH)	Geomina (1971)	1943	1992	R
2535	Escusa	Sn	VNC - Covas	CAS, (SCH)	Geomina (1954)	1952	1992	R
3091	<b>Vilarinho nº4</b>	Sn	VNC - Covas	CAS, (SCH)	Geomina (1957)	1955	1992	R
3447	Vilarinho nº5	Sn		CAS, NBTAN, (SCH)	Geomina (1954)	1952	1992	R
0964P	Lugar da Mata	QzFeld	PTL - Moreira	Qz + Feld	?	?	?	?

\*Nome das antigas concessões mineiras; a **negrito** indicam-se as que possuíam oficina de preparação em edifício próprio.

<sup>a</sup>Ano de termo de concessão e situação actual: R) revogada; A) abandonada; N) anulada

Os depósitos filonianos explorados têm azimutes N-S a N40°W, inclinações próximas da vertical. As possanças são relativamente elevadas (4 a 18m). Tratava-se de filões aplito-pegmatíticos e aplíticos mineralizados em Sn, Nb e Ta. Referiam-se também filões de quartzo, que atravessavam os corpos principais, onde, ocasionalmente, ocorria Au (Ag).

Os dois maiores filões foram identificados em Monteiro e designados de A e B (Figura IV.37). O seu desmorte desenvolveu-se em 4 níveis comunicantes com as áreas de Ribeiro do Seixalvo (a S), Escusa, Cabração nº1 e Pedrinhas Brancas nº2 (a N).

As minas de Ínsua nº1, a N de Monteiro, e Forçadas e Couto Russo (nº1 e 2) a W, lavraram sobre filões menos possantes (0,3 a 1m), alguns deles designados, na gíria popular, de *cruzadores*. Possivelmente estariam instalados em estruturas *en echelon* ou em rupturas tardias de azimute E-W (filões E-W referidos em Leal Gomes, 1994)

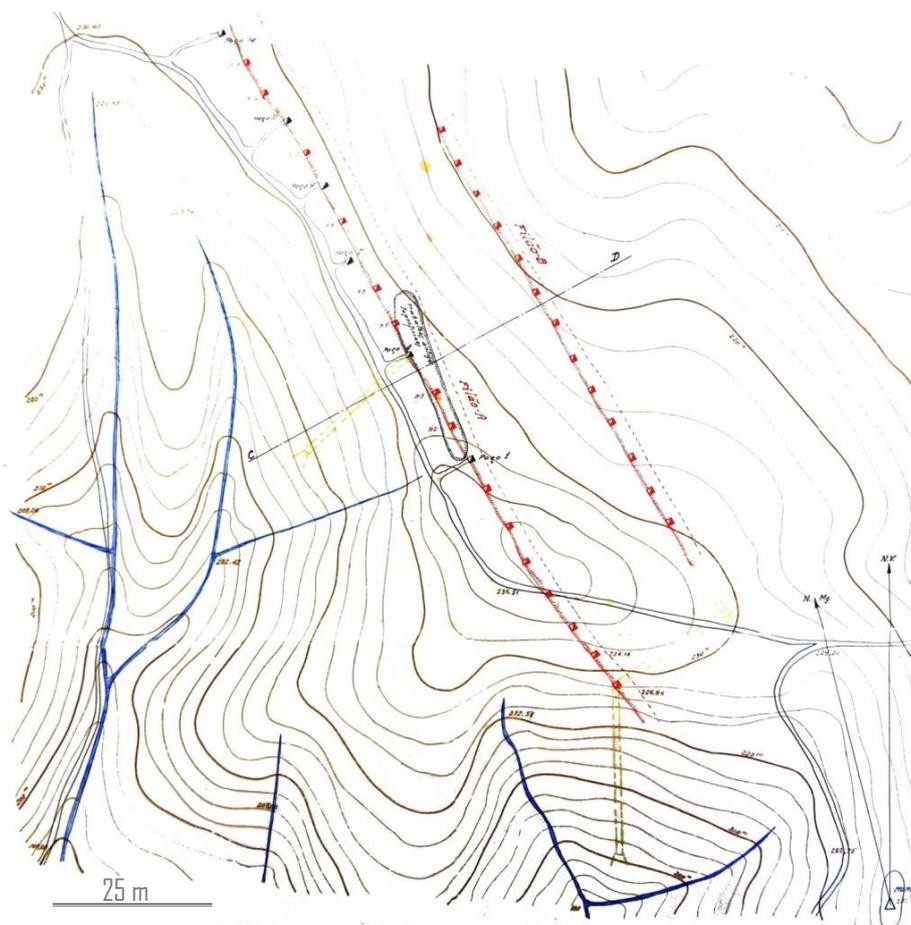


Figura IV.37. Planta dos trabalhos mineiros de Monteiro (Dossier1944 PL, 1943).

Na concessão de Pedrinhas Brancas nº2, registou-se uma mina dedicada à exploração de um *placer de Sn*, situado a meia encosta, a W, e fortemente encaixado (Figura IV.35).

A acumulação detritica de cassiterite também foi explorada nos cursos de água secundários que drenam para a Ribeira de Formigoso e depois para o Rio Estorãos. O desmonte era efectuado em “talhões”, tal como se ilustra na Figura IV.38.

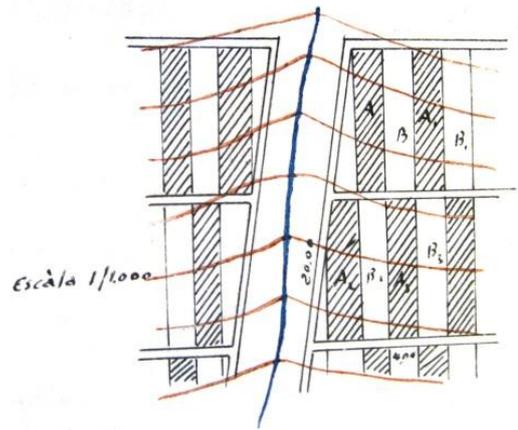


Figura IV.38. Método de desmonte para *placers*, designado de “em talhões”. *Dossier 2480, PL, 1949.*

No início da década de 1940, a lavra informal teve aqui uma grande importância. Com significativo destaque, refere-se ainda a área de exploração da Balouca – um lugar da Freguesia da Cabração, que se situa na vertente Este do alto curso do Rio Estorãos (MDT, Figura IV.35). Explorava-se a cassiterite em depósitos aplíticos aflorantes, de matriz sacaróide, muito friáveis e ainda em depósitos pegmatíticos de textura muito grosseira, facilmente fragmentável. Os vestígios destas explorações denotam a prática de uma lavra ambiciosa, muito precária, em que os acidentes eram frequentes. Na área da Balouca está assinalada a ocorrência de um acidente mortal em 1944 (cruz em alvenaria antiga, acima da trincheira onde o acidente ocorreu).

A *Compagnie Française des Mines* foi a primeira concessionária deste campo, tendo a sede administrativa e a oficina de tratamento na concessão de Monteiro.

Alonso *et al.* (2008), num estudo sobre a evolução da edificação no concelho de PLM, no período de 1919 a 2001, revelam o elevado desenvolvimento rural da freguesia da Cabração, nas décadas de 1930-40, que está provavelmente relacionado com actividades mineiras e a empregabilidade que veio a registar a CFM.

Pode admitir-se o deslocamento de trabalhadores, e eventuais famílias, para esta freguesia de PLM. No ano de 1936 (arranque da lavra da mina de Monteiro), o pessoal compreendia: “1 *capataz*, 5 *encarregados*, 4 *mineiros*, 65 *safreiros*, 3 *entivadores*; 6 *operários*, 24 *trabalhadores*, 3 *mulheres* (no tratamento do minério); 1 *serralheiro*, 1 *forjador*, 2 *carpinteiros* e 1 *ajudante nas oficinas*” (Boletim de Minas, 1941). Segundo os Autos de Visita, nos anos de 1938 a 1943 (*Dossier 1944*), existiriam, respectivamente, 80, 93, 100, 118, 173, e 180 trabalhadores.

Nos trabalhos subterrâneos – considerados de grande vulto pela CMNorte (*Dossier 1944, AV, 1945*) - os desmontes eram feitos pelo método das “*talhas horizontais*”, normais à galeria de direcção. Empregavam-se compressores nas escavações, procedia-se à entivação com pinho em galerias travessas e de rolagem.

Estava instalada uma rede de distribuição de electricidade, em baixa e alta tensão, nas galerias e oficinas exteriores e os percursos principais possuíam vias *Decauville*. Em 1943, estavam abertos mais de 600m de galerias e 340m de chaminés. Refere-se que o custo unitário por metro corrente de galeria representava 280\$00; de chaminé, 250\$00 e, por metro cúbico de desmonte, 30\$00, correspondente ao trabalho de 2 a 3 mineiros numa semana (*Dossier 1944, RT, 1943*).

A “oficina piloto” (Figura IV.37) teria a capacidade para 5ton de *tout-venant* /hora (*Dossier 1944, PL, 1937*).

O cálculo de reservas relativas aos dois filões principais, segundo a rede de galerias e chaminés, indicava 1.000.000ton de cassiterite, com teor próximo de 5Kg/ton (*Dossier 1944, PL, 1936*). Salientava-se ainda o aparecimento, a partir da profundidade de 20m, de grãos de ouro livre, na matriz argilosa, com uma recuperação à bateia de 0,5 a 1g/ton. Estas estimativas, em 1936, elevavam o estatuto e importância da concessão de Monteiro, quando comparada com a média do país, em que lavras eram remuneratórias a partir de 1,5 a 2Kg/ton de cassiterite. A mina de Monteiro declarou produção contínua de 1936 a 1944 e a média deste período teria sido, segundo os mapas de tributação mineira, uma contribuição de 25% da produção total da RMArga. Só em 1940, representou 55,2% de tal produção (**VI.16 ANEXO**).

A mina de Monteiro marcou significativamente o desenvolvimento da vertente E da RMArga. À CFM se deve, por exemplo, a estrada Cabração - Lourinhal, terminada no ano de 1946.

Este campo era comparado pelos técnicos da CMNorte ao campo de Gondar, na vertente W da Serra d'Arga, tanto económica (teor, tonelagem) como geologicamente - rocha encaixante, atitude, possança e disseminação da CAS (*Dossier 1944, RRM, 1938*).

Em 1944, com a **Portaria n.º 10552**, que proibia as transacções do Sn e seus minérios, os trabalhos de exploração (tanto o desmonte como o tratamento), em todas as concessões da RMArga, terão ficado reduzidos ao mínimo, sem declaração de produções. A posição que a concessionária CFM assumiu perante o bloqueio foi contundente, resultando no despedimento de 180 trabalhadores (documentos transcritos em **IV.13 ANEXO**).

A quebra que já se vinha verificando tornou-se drástica, a partir de 1945.

Nos Autos de Visita deu-se conta da falta de orientação e segurança dos trabalhos à superfície:

*“foi desmontada toda a testa de ferro do filão A, dando um aspecto horroroso aos trabalhos e tendo havido desabamentos devido à profundidade da corta ... a lavaria encontra-se completamente abandonada e com alguma maquinaria desmontada (...) Ocupa nos seus serviços 5 homens. (...) a casa da direcção, que foi colocada em cima do filão, deixando-se de desmontar um maciço de protecção”* (*Dossier 1944, AV, 1945*).

A baixa das cotações do Sn e a dificuldade de colocação dos seus minérios no mercado, já nos finais da década de 1940, acentuou a queda na produção de Monteiro e com esta, todas as minas limítrofes pertencentes à mesma concessionária. Com o afastamento do pessoal técnico da mina, deu-se a desorientação da lavra, com desmontes dos maciços e pilares de sustentação das galerias, ficando os tectos suportados apenas com entivações de madeira.

A produção obtida nos finais da década de 1940 foi exportada na sua maior parte (EUA) para ensaios industriais e readequação do diagrama da lavaria para a recuperação das tantalites (*Dossier 1944, RT, 1948*). A restante produção, de concentração manual, era expedida para o Couto Mineiro da Borralha, do qual passou a partilhar a direcção técnica. Depois de uma década de lavra suspensa, as concessões são transmitidas, em 1963, a uma empresa local - a Sociedade Mineira do Arco (SMArco). Esta, sem apreciável investimento, traspassa-as em 1971 à Geomina, que já detinha outras concessões no mesmo campo (**Tabela IV.16**).

Na área Norte do campo da Cabração, as concessões de “Vilarinho” foram pedidas pela Geomina na década de 1950, marcando uma nova fase de retoma mineira, concomitante às de C1 (Serra de Covas) e C3 (Serra de Formigoso), da mesma concessionária. A CMNorte refere para a mina de Vilarinho n.º 4:

*“escapado à fúria do tempo da última grande guerra mundial [1939-1945] apenas porque a abundância da sílica lhe tenha conferido um aspecto de dureza diferente dos filões da região - normalmente saibrosos (...) numa zona greissenosa,*

desmontaram-se cerca de 1/2ton de tout-venant (...) ensaiando uma grosseira concentração para avaliação de teores encontramos valores próximos de 50kg/t, número excepcionalmente elevado nestas minas, cujos teores raramente excedem os 2kg/ton. " (Dossier 3091, RRM 1954).

O acesso a este depósito teria sido efectuado através de um poço de extracção aberto até aos 50m de profundidade, onde se atingiu o filão em dois pisos. Nas fotografias da Figura IV.39, apresenta-se o que seria a entrada do poço, onde está instalado um vulgar *sarinho* e um motor - bomba (Dossier 3091, RRM, 1954).

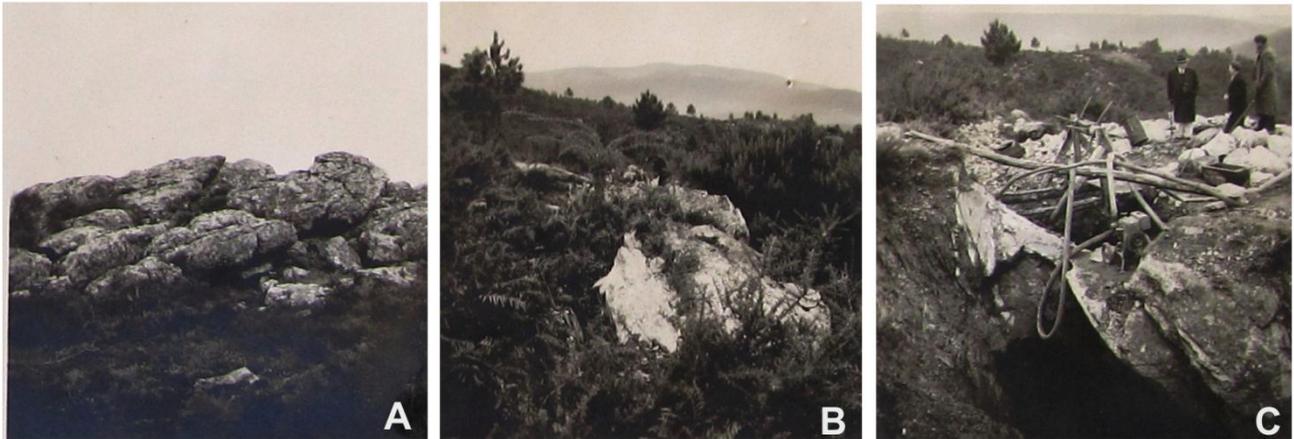


Figura IV.39. Fotografias que acompanhavam o Relatório de Reconhecimento Mineiro da Concessão de Vilarinho nº4, da autoria do Eng.º Fernando Soares Carneiro (1954). Legendas: A - "AFLORAMENTO GRANÍTICO"; B - "AFLORAMENTO DO FILÃO"; C - "TRABALHOS DE PESQUISA"

A oficina de preparação de minérios da mina de Vilarinho nº4 era manual, ficando instalada junto de um curso de água afluente do Ribeiro do Formigoso (troço alto do Rio Estorãos) (Figura IV.40).

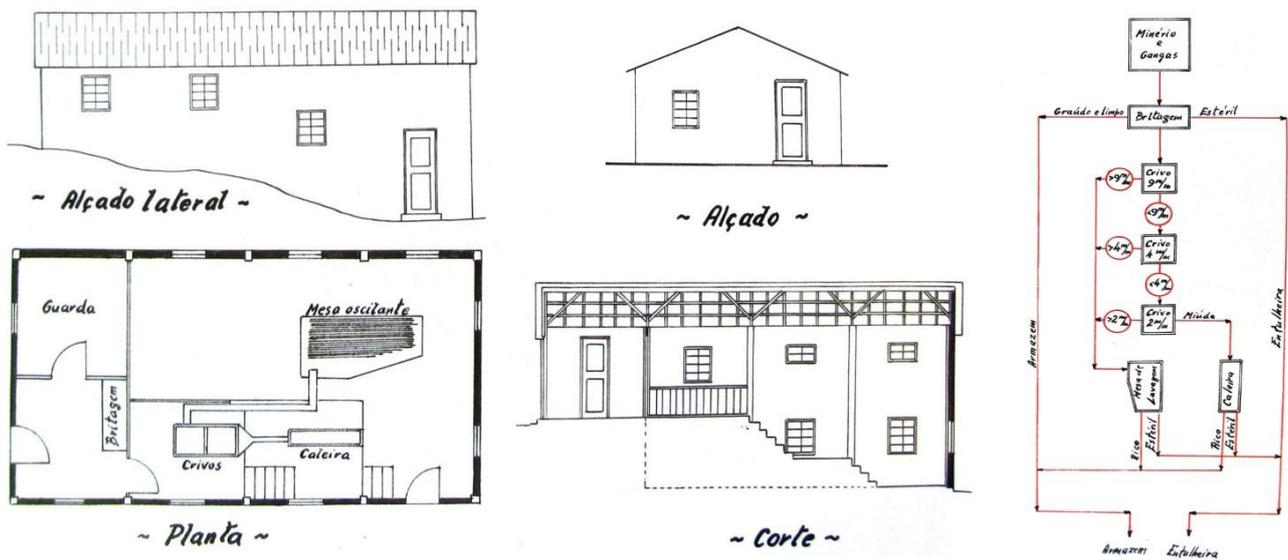


Figura IV.40. Lavaria e diagrama de tratamento dos minérios da concessão "Vilarinho nº4" sob administração de Geomina, autoria do Eng.º Manuel Silva (1954), Dossier 3091, PL 1954. Nota: Plano da lavaria igual ao da concessão de "Felgueiras nº2" (em C4), da mesma concessionária e com a mesma direcção-técnica.

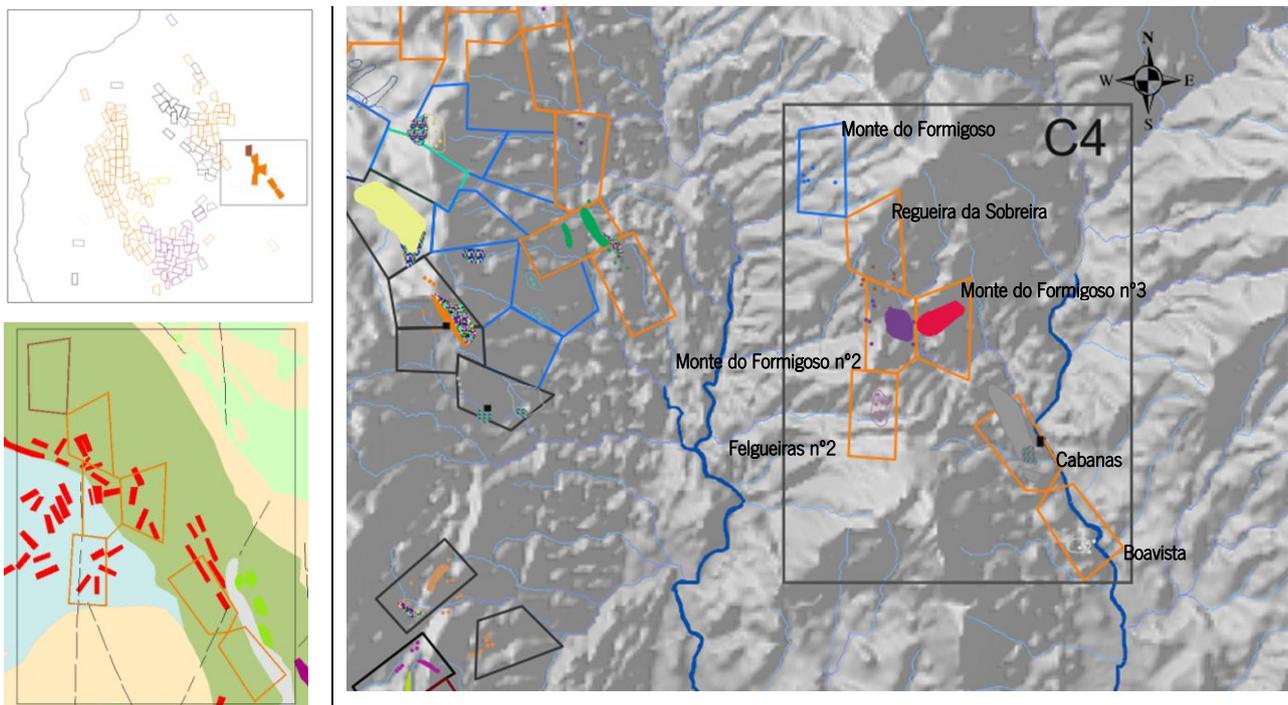
A concessionária pede em 1973 uma demarcação única para o conjunto das suas concessões nos campos C4 e C2, a fim de se constituir um couto mineiro denominado "Vilarinho". O processo não terá tido desenvolvimento.

Em 1978, esta área é alvo de acções de prospecção geológica pela Empresa Union Carbide Geotécnica Portuguesa - Assistência Mineira. Foi realizada cartografia geológica, na escala 1:5.000, e um programa de colheita de amostras de sedimentos de corrente, das zonas de Vilarinho e Cabração (**UNION CARBIDE, 1979**).

Como principais resultados, referem-se as identificações de intercalações de níveis quartzíticos e xistos biotíticos, ambos cortados por filões de pegmatitos, num nível estratigráfico mais alto que os xistos e quartzitos no Couto Mineiro de Valdarças. Com os quartzitos referiam-se lentes de skarn e anfibolitos, em extensões descontínuas de 1.7 km. As lentes teriam possanças de 1,30 m a 7,00 m e comprimentos de algumas dezenas de metros. Só algumas delas estariam mineralizadas em scheelite, podendo constituir interesse económico. A amostragem de sedimentos tinha como fim avaliar o conteúdo em scheelite. Eram consideradas as amostras com número de grãos de scheelite >80. Nessas condições reconheceram-se zonas com interesse na concessão de Monteiro, podendo a scheelite ser proveniente de afloramentos de anfibolitos (**UNION CARBIDE, 1979**).

#### IV.3.4. Campo Mineiro de Formigoso a Cabanas (C4)

Este campo ocupa a cumeada do Monte do Formigoso, estendendo-se até à vertente ocidental da Serra de Antelas (**Figura IV.41**). Situa-se entre duas sub-bacias hidrográficas do Rio Lima - Estorãos e Labruja. Está circunscrito apenas ao perímetro administrativo de Ponte de Lima (PTL). As sete concessões que constituem este campo tiveram a sua actividade entre o final da década de 40 e o início de 50 do séc. XX. (**Tabela IV.17**).



**Figura IV.41.** Localização do campo Mineiro de Formigoso-Cabanas. Base geológica (adaptada de **Dias, 2012**, legenda na **Figura I.3**); MDT com a implantação dos trabalhos mineiros antigos (Legenda **Figura IV.28**), cursos de água principais: a W o Rio Estorãos, a E o Rio Labruja.

Actualmente, é o único campo onde ocorre actividade extractiva, com aproveitamento do Feld., Qz e minerais de Li, ocupando parte da antiga área de concessão Monte do Formigoso. Aqui foi, pela primeira vez, identificada petalite com potencial interesse económico em aplito-pegmatitos, no fim da década de 1980 (**Leal Gomes e Lopes Nunes, 1989**). Existe

ainda lavra activa sob o regime de pedreira, para rocha ornamental e agregados, que explora a céu aberto o maciço granítico da Serra de Antelas (Fernandes, 2008). Estas pedreiras atingem os perímetros das antigas concessões de Monte do Formigoso n°2 e Cabanas.

**Tabela IV.17.** Síntese das antigas concessões que integram o Campo Mineiro de Formigoso a Cabanas

Nº	NOME*	SUBSTÂNCIA(S) ALVO	CONCELHO - Freguesia	MINÉRIO(S) Explorado(s)	CONCESSIONÁRIOS (Pedido concessão/transmissão)	CONCESSÃO INÍCIO FIM <sup>a</sup>
2150	<b>Boavista</b>	Sn		CAS + (VOLF)	<b>SMPLima</b> (1942) MBoavista (1943)	1946 1972 R
2296	<b>Regueira da Sobreira</b>	Sn	<b>PTL</b> - Arcozelo	CAS + NbTAN	AMPFinas (1942) <b>SLomba</b> (1950arr.) TACOMIL(1956)	1948 1967 A
2339	<b>Cabanas</b>	Sn		CAS + VOLF	<b>MLima</b> (1943) SPMinas (1949arr.) EMinas (1951arr.)	1948 1966 N
2905	Monte do Formigoso	Ta	<b>PTL</b> - Cabração	NbTAN	<b>SLomba</b> (1952)	1954 1968 A
2994	<b>Felgueiras n°2</b>	Sn	<b>PTL</b> - Moreira do Lima		<b>Geomina</b> (1954)	1955 1991 R
3153	<b>Monte do Formigoso n°2</b>	Sn	<b>PTL</b> - Arcozelo	CAS + NbTAN	<b>SLomba</b> (1954)	1957 1968 N
3154	Monte do Formigoso n°3	Sn				1957 1968 A

\*Nome das antigas concessões mineiras; a **negrito** indicam-se as que possuíam oficina de preparação em edifício próprio.

<sup>a</sup>Ano de termo de concessão e situação actual: R) revogada; A) abandonada; N) anulada

Aqui exploravam-se filões aplíticos e aplito-pegmatíticos, atravessados por filões de quartzo. A cassiterite seria o principal minério. No caso da mina do Monte do Formigoso, a concessão foi pedida exclusivamente para o Ta (Tabela IV.17). A mina de Cabanas explorava subsidiariamente volframite em filões de quartzo, que cruzavam o depósito aplito-pegmatítico principal, segundo um azimute quase E-W (Dossier 2339, PL, 1948)

As concessões foram atribuídas em plena crise do W e Sn, na década de 1950, numa altura em que os metais Nb e Ta começaram a ganhar importância (CMNorte, Dossier W, 102 - Origem das Tantalites, 1955).

A produção declarada abrange o período de 1943 a 1954, começando nas concessões de Cabanas e Boavista, no termo Sul - vertente Este da Serra de Antelas e vale do Rio Labruja - ambas administradas por empresas locais - Mineira do Lima (Figura IV.42) e Sociedade Mineira do Ponte de Lima (Tabela IV.17)



**Figura IV.42.** Imagem da Concessionária da mina de Cabanas "Mineira do Lima", 1934 (Dossier 2339, 1943)

A concessão de Regueira da Sobreira, sob administração de uma entidade local - *A Mineira das Pedras Finas* - não declarou produção assinalável, situação que alterou após a transmissão para a Sociedade Carbonífera da Lomba, nos anos de 1950, passando a declarar, segundo os mapas de tributação mineira, cerca de 10% da produção total da RMArga, nos anos 1950-53 (VI ANEXO). O tratamento dos minérios de Regueira da Sobreira realizava-se em lavaria manual, de diagrama bastante rudimentar (Figura IV.33). Esta lavaria foi também responsável pela produção conjunta das três concessões de Monte do Formigoso.

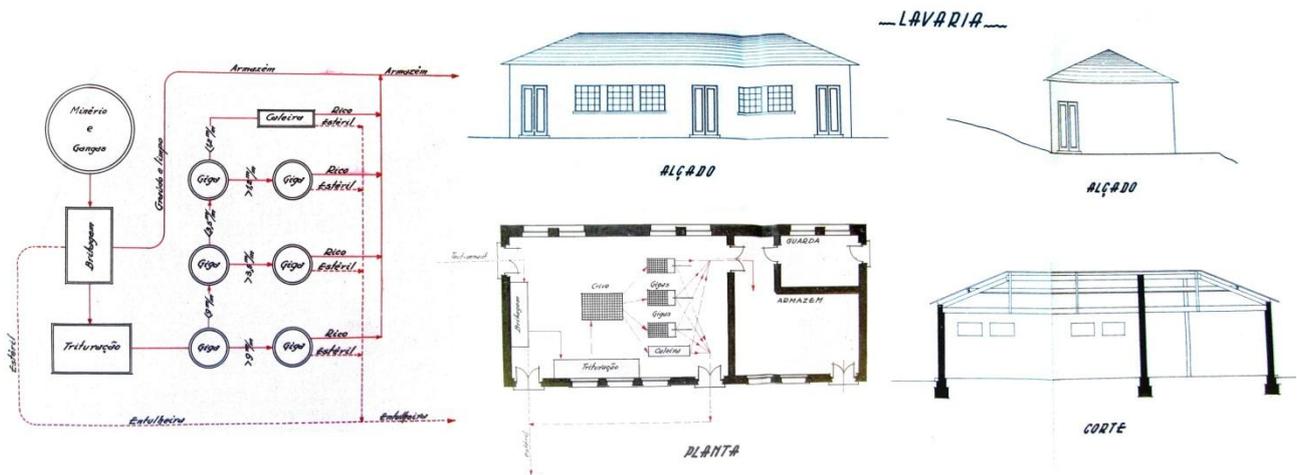


Figura IV.43. Lavaria manual e sequência de tratamento dos minérios da concessão “Regueira da Sobreira”, sob administração d’ A Mineira das Pedras Finas, plano da autoria do Eng.º Arsénio Nunes da Fonseca (1942).

Neste campo, a exploração foi muito condicionada pelo relevo, sintetizando-se as principais opções e infra-estruturas de apoio na Tabela IV.18. Foram atribuídos (*Dossier 2339, PL, 1948*) teores médios elevados, de 2Kg/ton para a cassiterite, 1Kg/ton para nióbio-tantalatos (Monte do Formigoso) e, na concessão de Cabanas, 3Kg/ton, em mistos de cassiterite e volframite (concentrado não discriminado).

Tabela IV.18. Abordagem mineira das concessões que integram o Campo de Formigoso a Cabanas.

Nome	Filão principal Atitude (Possaça)	Método Exploração	Desmonte	Escavações realizadas	Oficinas	Infra-estruturas de apoio à lavra
Boavista	N55°W, Vert (0.5 - 3m)	Subterrâneo	Degraus invertidos com enchimento simultâneo de vazios	2 Galerias em direcção	Mecânica	Lavaria, Casa do Guarda, Paio
Regueira da Sobreira	N68°W, 70°N (0.5m)			Poço de extracção (12x3x6-13m)	Manual	Lavaria (com terraplanagem)
Cabanas	E-W, 70°S (1 - 6m)			Sistema de galerias travessas e em direcção	Mecânica	Lavaria, Casa do Guarda e muros de vedação
Monte do Formigoso	N20°W, 80°E (1m)	Céu Aberto e Subterrâneo	Degraus direitos	6 Poços + 2 galerias		s/ref
Felgueiras n°2	N18°W, Vert. (0.3 - 1m)			Sistema de galerias travessas e em direcção	Manual	Lavaria
Monte do Formigoso n°2	N-S, 80°E (5 - 15m)			Bancadas (75x5x12m) 2 galerias (72+96m)	Manual	Lavaria, Armazém, Paio, (300 m de carris)
Monte do Formigoso n°3	N-S, 80°E.(0.1 - 0.7m)	Subterrâneo	Degraus invertidos	Sanja (23m), Poço de Extracção (com cuba), Galeria travessa (80m)		s/ref

A concessão com produção (declarada) durante um período de tempo mais extenso foi Cabanas, de 1943 a 1952, com uma média próxima de 3% da produção total da RMArga, segundo os mapas de tributação mineira, e um pico em 1949, de 7% (VI.10 ANEXO). Neste período, a concessionária denunciou vários constrangimentos na aquisição de consumíveis fundamentais à lavra, que eram superiormente regulados, tais como o carboneto cálcio para gasómetros (consumo médio de 100kg/mês) e a gasolina para as bombas de água e extracção de esgoto (150L/mês, com funcionamento de 6 a 7h/dia). O acesso limitado a estes produtos, cerca de 1/3 do necessário, era apresentado como grande penalizador da produção (*Dossier 2339, RT, 1949*)

Na área actual, correspondente à mina de Cabanas, podem ser reconhecidos: cortas com depósito remanescente; frentes de avanço abandonadas; galerias de acesso e socavões; acumulados de material desmontado e

escombreiras de tratamento; muros de contenção de escombreiras; instalações de apoio e lavaria em ruína. Este edifício mantém ainda uma traça reconhecível conforme os planos constantes no *Dossier 2339, PL, 1948*.

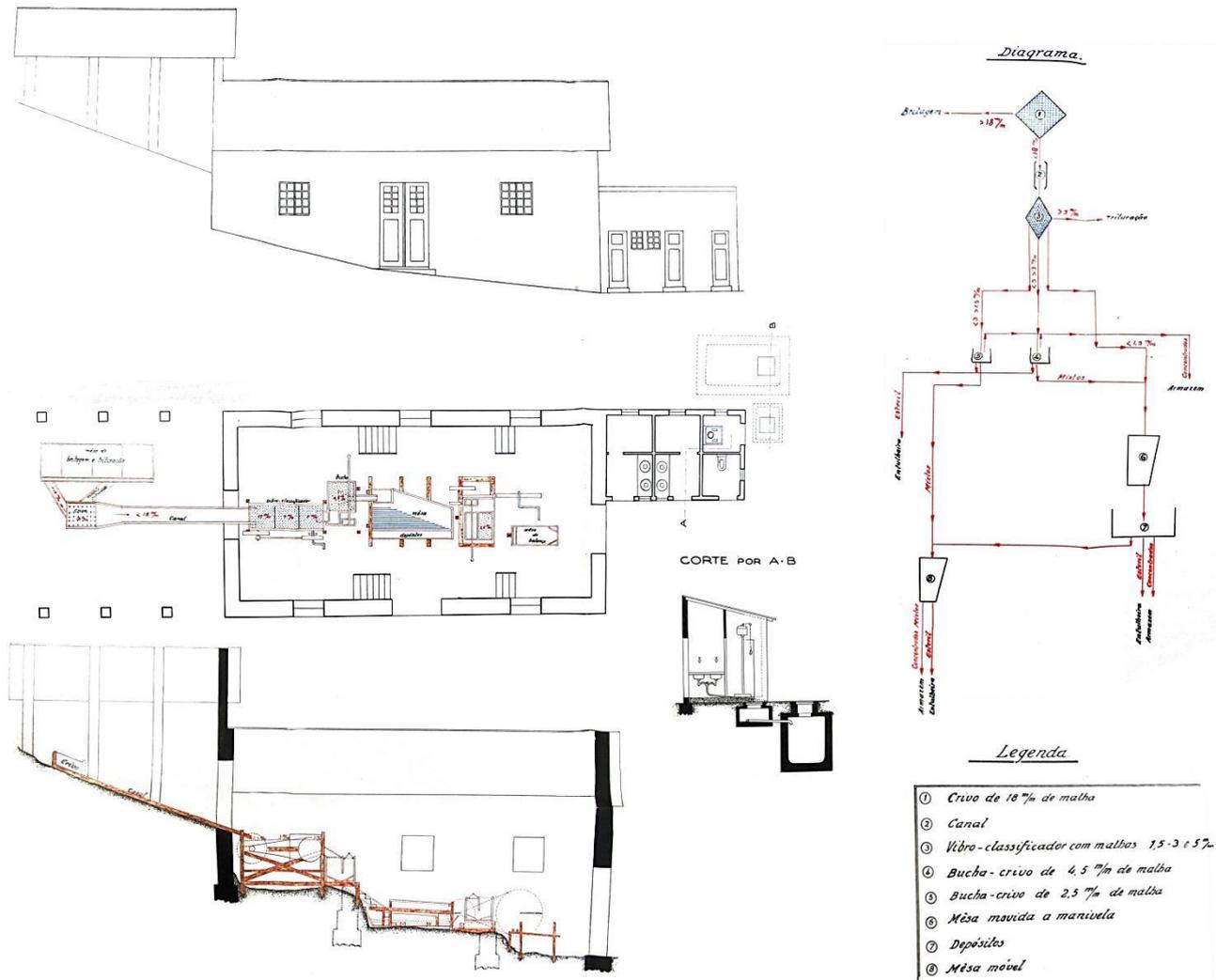


Figura IV.44. Lavaria e diagrama de tratamento dos minérios da concessão de Cabanas, sob administração da Mineira do Lima, plano da autoria do Eng. Quirino José Salgueiro Machado (1941) (*Dossier 2339*).

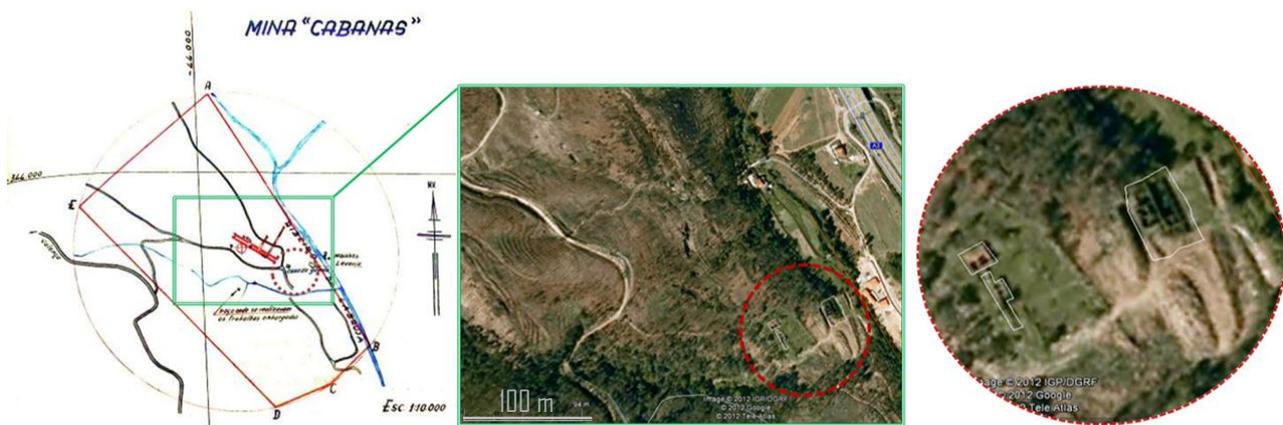
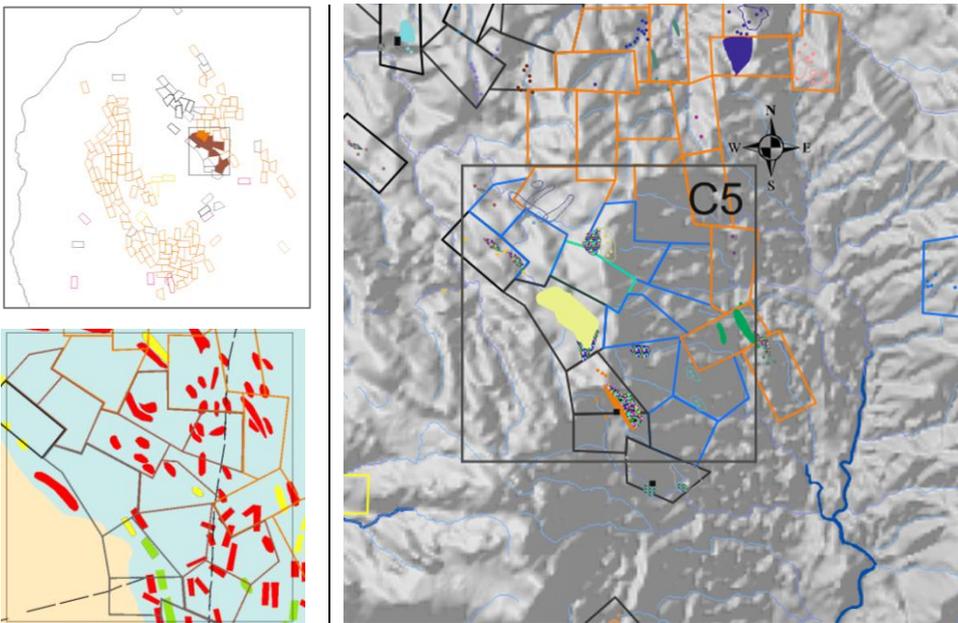


Figura IV.45. Localização da área de concessão e anexos mineiros de "Cabanas". Vestígios da lavra superficial (trincheiras): as cortas de acesso às galerias e os edifícios – lavaria, casa do guarda, muros de vedação e contenção de estéréis (41°48'33"N, 8°36'04"W, Goolge Earth™ 7.0.3.8542, imagem captada a 30Out2006)

Nas plantas da lavaria de Cabanas (**Figura IV.42**), o suporte dos mecanismos parece representado em madeira. Nestes suportes assentaria um equipamento simples e compartimentado que intervinha nos estágios fundamentais de tratamento. No apuramento, esta lavaria admitia duas linhas de tratamento diferenciadas: uma, para minérios mistos (CAS+VOLF) e outra, apenas para cassiterite. Comparativamente com as restantes lavarias deste campo (em Regueira da Sobreira e Felgueiras nº 2 (**Figura IV.33**), estas não apresentavam o duplo apuramento. A lavra nas restantes minas terá incidido sobre depósitos aplito-pegmatitos sem aparente retoma hidrotermal e responsável pela mineralização de W.

#### IV.3.5. Campo Mineiro de Junqueiro - Cumieira (C5)

O presente campo mineiro fica no limite administrativo dos concelhos de Caminha e Ponte de Lima, ocupando o planalto e cumeada situados imediatamente a NE do maciço de Arga. Trata-se de um planalto atravessado por cursos de água, na maioria, sazonais, que confluem nas Ribeiras de Arga e das Pombas que drenam no sentido da Ribeira de São João, por sua vez afluente do Rio Coura (**Figura IV.46**). O sistema de drenagem do planalto e, bem assim, as bacias de inundação, margens dos cursos e seus meandros, foram o principal alvo da exploração.



**Figura IV.46.** Localização do Campo Mineiro de Cumieira à Junqueiro. Base geológica (adaptada de **Dias, 2012**, legenda na **Figura I.3**); MDT com a implantação dos trabalhos mineiros antigos (Legenda **Figura IV.28**), curso de água principal: a E o Rio Estorãos.

Integram este campo nove concessões mineiras, a primeira das quais foi atribuída em 1927 – Junqueiro (**Tabela IV.19**). O primeiro concessionário foi um engenheiro inglês - *John Maquire Iles* - que a abandonou, vindo a ser concessionada a um português, que a fez atingir valores de produção de Sn relevantes, segundo os mapas de tributação mineira, na ordem dos 26% da produção total da RMArga, no fim da década de 1930 (**VI ANEXO**). E a exploração nesta mina era apenas realizada nos 3 meses mais pluviosos do ano.

O maior desenvolvimento mineiro aqui registado deveu-se, sobretudo, às concessionárias sediadas em Ponte de Lima – Entrepósito Mineiro do Minho e MIPOLI - Minas de Ponte de Lima, desde o fim da década de 40 até ao início de 50 do séc. XX, com particular incidência na produção de Nb e Ta.

**Tabela IV.19.** Síntese das antigas concessões que integram o Campo Mineiro da Cumieira a Junqueiro.

Nº	NOME*	SUBSTÂNCIA(S) ALVO	CONCELHO Freguesia	MINÉRIO(S) Explorado(s)	Concessionários (Pedido de Concessão/Transmissão)	Concessão		
						INÍCIO	FIM*	
1602	<b>Junqueiro</b>	Sn	CMN	CAS+(Au)	JMiles (1926) <b>ACC</b> (1937) SMArga (1942) RPCorvacho(1955arr.)	1927	1966	A
2137	<b>Cumieira</b>	Sn, Ta	Arga de Baixo e Arga de Cima	CAS+NbTAN	EMM (1942)	1945	1992	R
2260	Junqueiro nº2	Ta			SMArga (1945)	1947	1972	A
2306	Varziela Norte	Ta		NbTAN		1948	1988	A
2308	Escusa nº1	Ta	PTL		EMM (1945)	1948	1988	R
2899	Cumieira nº1	Nb, Ta	Cabração	NbTAN+CAS+(Au)		1954	1992	R
2900	Andorinheiras	Nb, Ta	PTL - Estorãos	NbTAN		1954	1992	R
2901	Escusa nº2	Nb, Ta	PTL - Cabração	NbTAN+CAS	MIPOLI (1949)	1954	1992	R
3147	Eiradas	Ta, Nb		NbTAN+(Au)		1957	1992	R

\*Nome das antigas concessões mineiras; a **negrito** indicam-se as que possuíam oficina de preparação em edifício próprio.

<sup>a</sup>Ano de termo de concessão e situação actual: R) revogada; A) abandonada; N) anulada

Os minérios-alvo - cassiterite e niobiotantalite - eram explorados em *placers* - aluviões e eluviões. A proximidade aos depósitos primários levou algumas concessionárias a planearem o aproveitamento de filões, através da escavação de poços de extracção, que, no entanto, vieram a ter pouco desenvolvimento.

A velocidade da corrente nos cursos de água era reduzida. O carácter sazonal das torrentes condicionava a lavra aos meses de maior precipitação (entre Outubro e Abril).

Os *placers* apresentavam espessuras desde alguns centímetros até 2 ou 3 m, acima do *bed-rock*. Era frequente existir um horizonte superficial de terra vegetal ou humosa com 30 a 50 cm. Os níveis mineralizados, apresentavam detritos de diferentes calibres em matriz argilosa. Os teores de cassiterite atingiam 3Kg/ton (**Tabela IV.20**). A hematite, ilmenite, ilmenorútilo surgiam como penalizantes do apuramento do minério. Ocasionalmente, apurava-se ouro em pintas e pequenos grãos. A cassiterite ocorria em grãos arredondados ou angulosos, própria das ocorrências de tipo aluvionar e eluvionar.

No *bed-rock*, constituído por litologias metassedimentares, mais ou menos alteradas, reconheciam-se apófises graníticas e aplito-pegmatíticas possantes, mineralizadas pela cassiterite, e ainda veios de quartzo geralmente estéreis.

Os concentrados de Nb-Tantalatos de aluviões apresentavam as seguintes proporções de metais: 0,16% a 3,17% de Sn e 51,50% a 53,74% de Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; os concentrados provenientes de alguns dos raros filões explorados tinham as proporções: 0,34 a 0,52% de Sn e 53,74% a 58,32% de Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Cumieira, *Dossier 2137, PL, 1944*).

**Tabela IV.20.** Teores expeditos de concentrados de cassiterite (CAS), niobiotantalatos (NbTAN), ouro e prata. Concentrados indiscriminados, de filão e aluvião.

	CAS (Kg/t)	NbTAN (Kg/t)	ouro (g/t)	prata (g/t)	Teor do Filão (Kg/t)	Teor do Aluvião (Kg/t)
Junqueiro	3	-	-	-	-	3
Cumieira	-	1			6	4
Junqueiro nº2	-	2	3,2	134,8	-	2
Varziela Norte						
Escusa nº1	-	1			-	-
Escusa nº2						
Cumieira nº1	3	1,95	2,4	33,6	-	-
Andorinheiras	-	1	4,4	223,6	-	-
Eiradas	0,85%	3 - 4	1,4	60,6	-	-

Em meados da década de 1950, a exploração neste campo passa a ser, essencialmente, dirigida aos NbTAN. A produção (declarada) ficava abaixo do 1% do total da RMArga, segundo os mapas de tributação mineira (VI.8 ANEXO).

A separação de niobotantalatos e cassiterite era realizada pelo contraste e susceptibilidade magnética, realizado através de separadoras electrostáticas fixas ou móveis de grande capacidade (Cumieira, *Dossier 2137, PL, 1944*). A Separadora do Entreposto Mineiro do Minho, em Ponte de Lima, também teria operado com um equipamento semelhante.

Os manifestos das minas de Cumieira nº1, Andorinheiras, Escusa nº2 e Eiradas indicavam a descoberta de “pirites auríferas, tório, cério, lítio, tantalite e rútilo” (Figura IV.47). O manifestante e sócio da futura concessionária era “químico analista” – *Gaspar Queirós* (*Dossier 2900, PL, 1954*), personalidade importante na história mineira d’Arga, signatário de muitos registos de manifesto e pedidos de concessão neste campo mineiro e noutros na RMArga, e principal representante do Entreposto Mineiro do Minho e da MIPOLI.

A sede comum destas concessionárias – “Oficina de preparação, Separadora e Laboratório químico” – estabeleceu-se e operou cerca de duas décadas em Ponte de Lima, onde restam as ruínas com espólio industrial relevante. Na concessão operavam pequenas oficinas de pré-tratamento, como se pode verificar pela Figura IV.19.

**Registos mineiros efectuados no mês de Junho** 9

**Distrito** *Diana do castelo* **Concelho** *Costa de Lima*

**Freguesia** *Estorãos*

(a) *Dr. Gaspar Queirós e Gaspar Queirós*

da mina de (b) *pirites auríferas, tório, cério, lítio, tantalite e rútilo*  
denominada *Andorinheiras*

cujo prazo de validade termina em *11.6.1949* e cujo ponto de partida *é definido pelas seguintes coordenadas referidas ao castelo de S. Jorge: - distância do meridiano 186630 metros e a distância a perpendicular 344760 metros.*

(a) Manifestante. — (b) Substância.  
Mod. D. G. M. n.º 70 — 2.000 ex. — 6-46 — Tip. Portuguesa, Lda. — Lisboa

Figura IV.47. Formulário do registo mineiro de Andorinheiras (1947) feito pelo manifestante *Dr. Gaspar Queirós*, “químico analista” e influente agente mineiro das sociedades concessionárias de Ponte de Lima (*Dossier 2900, PL, 1954*)

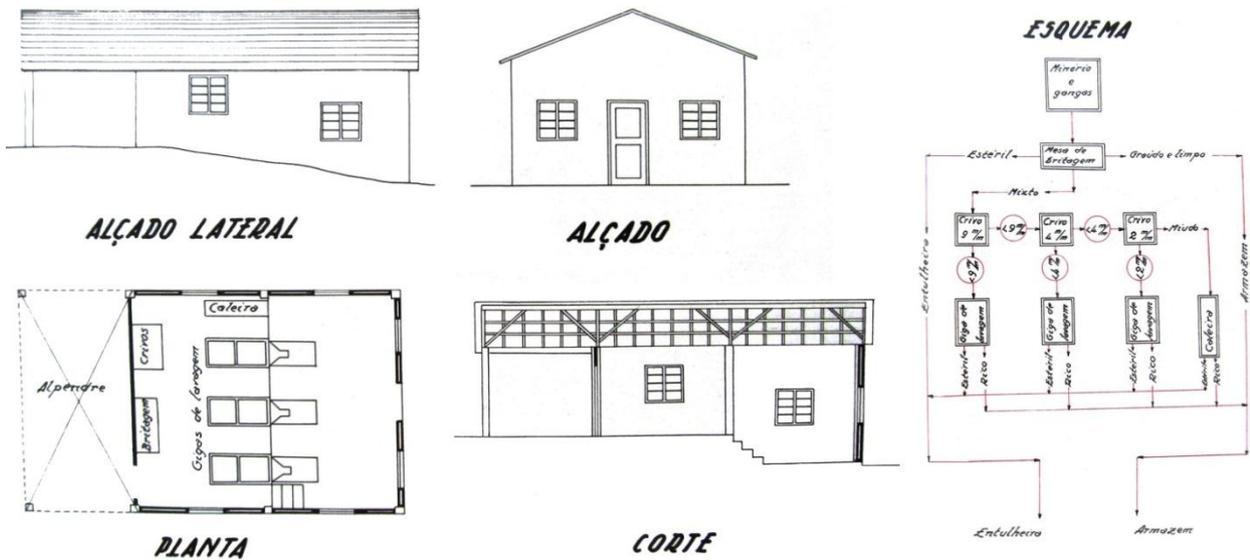


Figura IV.48. Lavaria e diagrama de tratamento dos minérios da concessão de Cumieira, sob administração de Entrepasto Mineiro do Minho, autoria do Eng.º José Augusto Silva Duarte (1941), Cumieira, *Dossier 2137*. Nota: Este plano de lavaria era idêntico ao da concessão de Lagoa (C6), da mesma concessionária.

#### IV.3.6. Campo Mineiro de Argas – Cerquido (C6)

As jazidas que compõem este campo mineiro estão associadas à zona de cisalhamento de Argas – Cerquido, próxima do contacto oriental do maciço granítico d’Arga (Leal Gomes e Gaspar, 1992), e ligada, a Sul, com o campo de Santa Justa (Figura IV.49). Daí se ter considerado uma faixa mineira de Argas a Santa Justa (F3). Os concessionários, em alguns casos (minas de Lagoa, Cavalinho, Estorãos), são os mesmos (Tabela IV.21), partilhando a direcção técnica, as opções de tratamento e as sedes de afinação de concentrados.

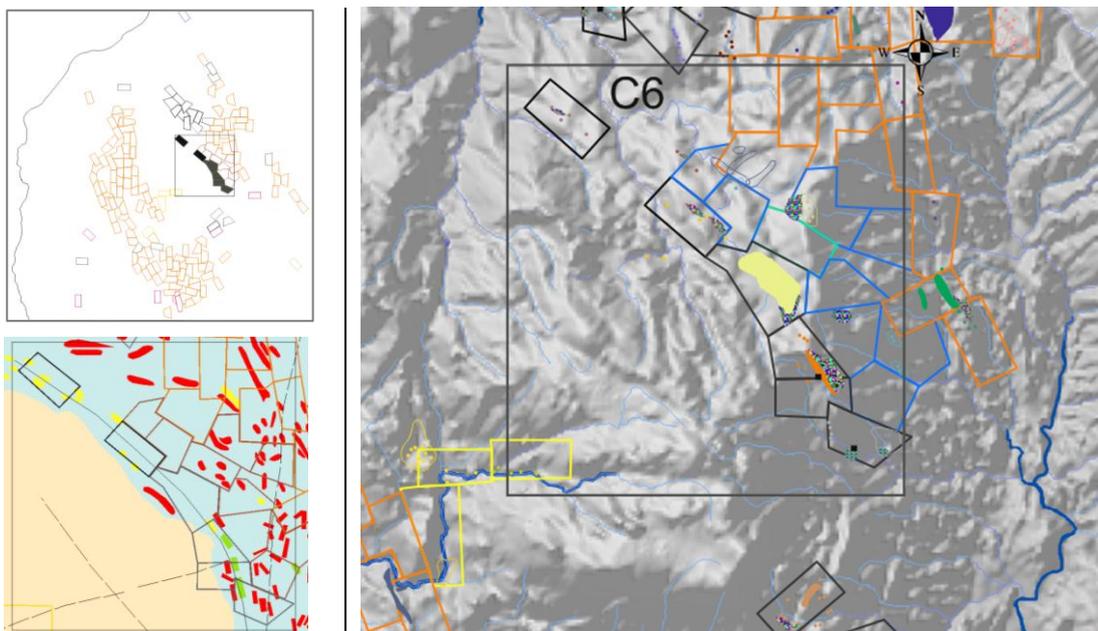


Figura IV.49. Localização do Campo Mineiro de Argas-Cerquido. Base geológica (adaptada de Dias, 2012, legenda na Figura I.3); Modelo Digital do Terreno com a implantação dos trabalhos mineiros antigos (Legenda Figura IV.28)

As concessões mineiras correspondentes foram as primeiras dedicadas ao W na RMArga. O primeiro registo mineiro foi feito no início do séc. XX por um capataz de minas espanhol – Benito Esteves – e endossado a uma firma de banqueiros (antigos ourives) do Porto - Pinto da Fonseca (**Tabela IV.21**).

**Tabela IV.21.** Síntese das antigas concessões que integram o Campo Mineiro de Argas - Cerquido

Nº	NOME*	SUBSTÂNCIA(S) ALVO	CONCELHO - Freguesia	MINÉRIO(S) Explorado(s)	CONCESSIONÁRIOS (Pedido concessão/transmissão)	CONCESSÃO INÍCIO FIM <sup>a</sup>	
609	Ribeiro do Salgueiro	W Sn	CMN Arga de Baixo e Arga de Cima	VOLF+CAS+ NbTAN+(Au)	JPFonseca (1908) <b>ACC</b> (1936) EMM (1943) MIPOLI (1971)	1913	1988 R
610	Tapada e Gesteira	W Sn		VOLF	JPFonseca (1908) <b>ACC</b> (1941) SMArga (1942)	1913	1972 R
623	Covas dos Mouros	W Sn		VOLF+CAS+ (NbTAN+Au)	JPFonseca (1908) <b>ACC</b> (1936) EMM (1943)	1913	1988 R
2193	<b>Mãos</b>	W Sn	PTL Estorãos	VOLF+CAS+ (NbTAN)	<b>CFM</b> (1941) SMArco (1962) Geomina (1970)	1946	1991 R
2663	<b>Cavalinho</b>	W Sn		VOLF+CAS+ (NbTAN+Au)	<b>EMM</b> (1941)	1950	1992 R
2664	<b>Lagoa</b>	W Sn		VOLF+CAS+ (NbTAN+Au)	<b>EMM</b> (1941)	1950	1992 R

\*Nome das antigas concessões mineiras; a **negrito** indicam-se as que possuíam oficina de preparação em edifício próprio.

<sup>a</sup>Ano de termo de concessão e situação actual: R) revogada; A) abandonada; N) anulada

Neste campo surgem referências a vestígios numerosos da época romana. Escórias e escombrelas, ricas em volframite (mineral desprezado no período romano), eram referidos como primeiro objecto de aproveitamento, enquanto as escavações existentes eram regularizadas para desenvolvimento de novas traçagens (*Dossier 623, PL, 1935*)

Segundo os mapas de tributação mineira, o período com mais elevada produção declarada deste campo situou-se entre 1937 de 1944 (**VI ANEXO**). Em 1937 as minas de Ribeiro do Salgueiro e Covas dos Mouros representaram cerca de 30% da produção tributada total da RMArga. Duas décadas depois, diminui a produção declarada até <1%, restringindo-se às minas de Cavalinho e Lagoa.

No seu conjunto pertenciam aos concessionários MIPOLI e Entrepasto Mineiro do Minho (**Tabela IV.21**). As lavarias das minas de Lagoa e Cavalinho (**Figura IV.50**) possuem um circuito de tratamento semelhante a outras com a mesma dimensão e tratando também materiais mistos com volframite e cassiterite na vertente W da RMArga – Amonde n.º1, Folgadoura e Tourim n.º2.

Este campo foi alvo de campanhas de prospecção e pesquisa por parte do SFM /IGM, nas décadas de 1980-90, dedicadas a Nb e Ta (**Dias de Carvalho, 1986**) e também a metais preciosos e associados (**Farinha e Rodrigues, 1986; 1991-1993; Rodrigues, 2000**).

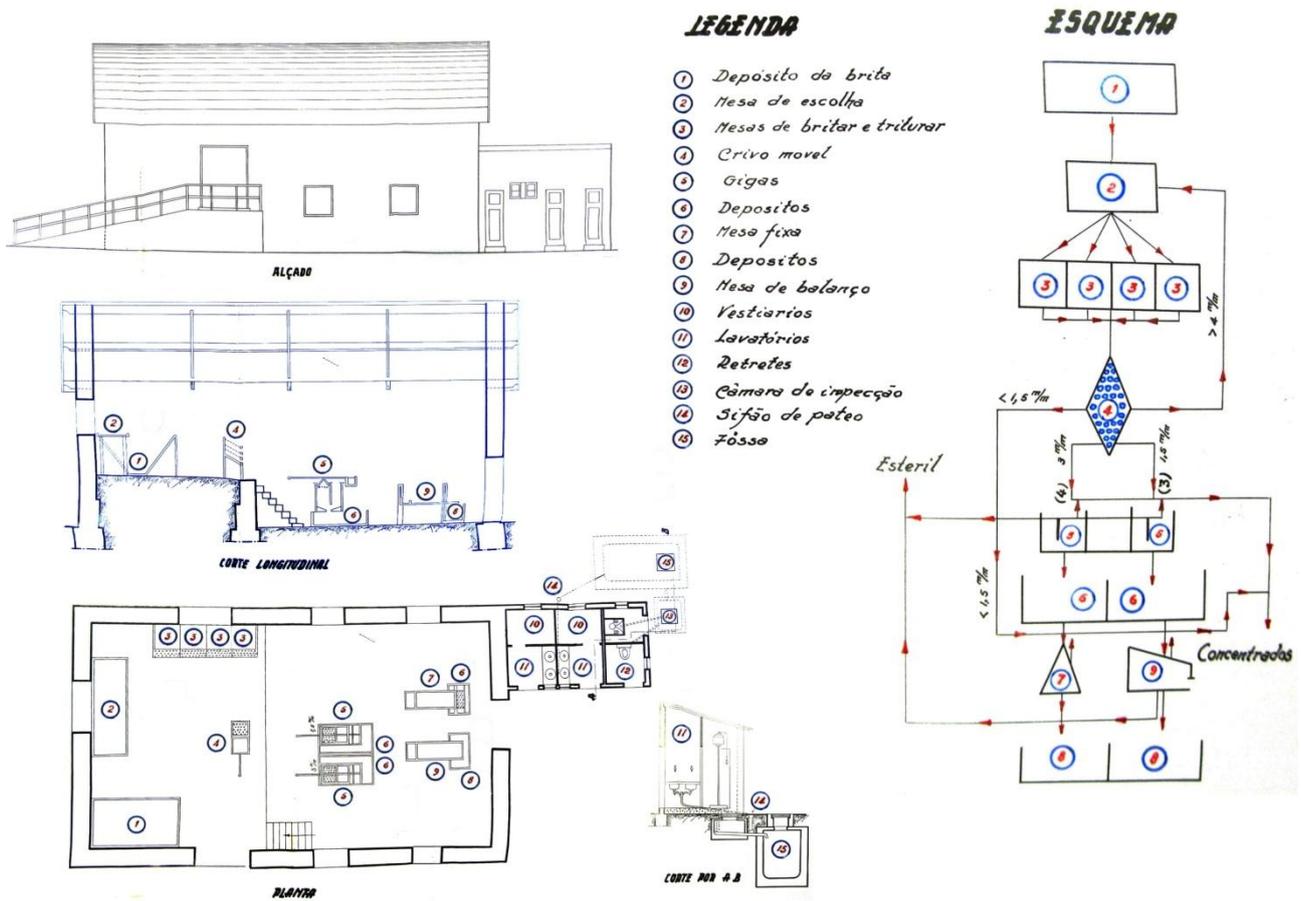


Figura IV.50. Planos da Lavaria e diagrama de tratamento dos minérios da concessão de Cavalinho, sob administração do Entrepasto Mineiro do Minho, da autoria do Eng.º Quirino José Salgueiro Machado (1941), *Dossier 2663*. Nota: o presente projecto de lavaria é similar ao da mina de Estorãos, do mesmo concessionário.

### IV.3.7. Campo Mineiro de Santa Justa (C7)

As minas acompanham o contacto entre o maciço granítico d'Arga e as formações metassedimentares, no sector SE da região mineira (Figura IV.51). Apenas cinco concessões tiveram actividade reportada, embora descontinua, no período de 1910-50 (Tabela IV.22)

A mina da Serra de Santa Justa é a mais antiga e foi intensamente explorada no início do séc. XX. Os valores de produção declarada, no período de 1940 a 1944, representaram, neste último ano, segundo os mapas de tributação mineira, aproximadamente 4% da produção total tributada atribuída à RMArga (VI ANEXO). A mina de Gondamieiro passou a assumir maior destaque já em meados do séc. XX, com perto de 30% da produção total tributada de Arga.

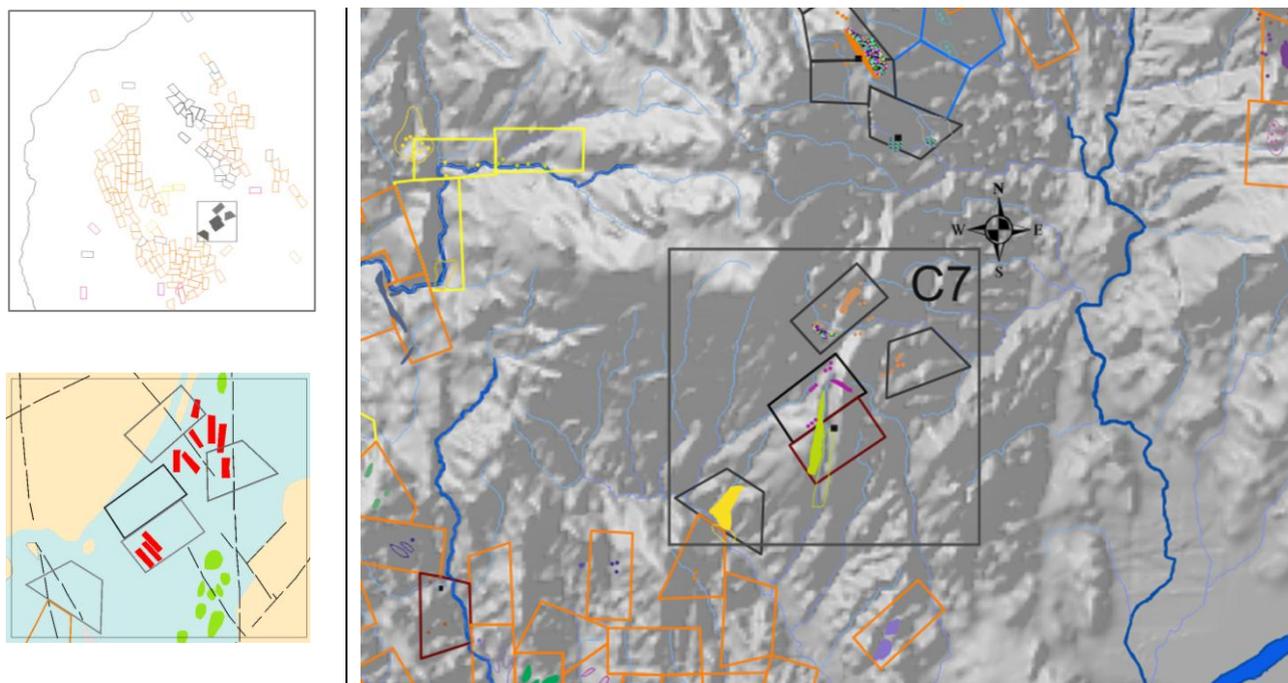


Figura IV.51. Localização do Campo Mineiro de Santa Justa. Base geológica (adaptada de Dias, 2012, legenda na Figura 1.3); Modelo Digital Terreno com a implantação dos trabalhos mineiros antigos (Legenda Figura IV.28)

A exploração em qualquer das minas incidiu tanto sobre depósitos filonianos de quartzo com volframite e sulfuretos, como sobre depósitos aluvionares associados à Ribeira de Santa Justa (*Dossier* 2761, PL, 1943).

Tabela IV.22. Síntese das antigas concessões que integram o Campo Mineiro de Santa Justa, principais elementos identificadores.

Nº	NOME*	SUBSTÂNCIA(S) ALVO	CONCELHO Freguesia	MINÉRIO(S) Explorado(s)	CONCESSIONÁRIOS (Pedido concessão/transmissão)	CONCESSÃO INÍCIO	FIM <sup>a</sup>	
803	Serra de Santa Justa	W	PTL Arcos	VOLF+(Au)	AColonial (1918) ACC (1938) MStajusta (1942)	1918	1972	R
2255	<b>Estorãos</b>	W, Sn	PTL Estorãos	VOLF+CAS	JMSVieira (1941) GPPinto (1957)	1947	1967	N
2465	Braçal	W, Sn		VOLF+CAS	MEstoraos (1942) JCSantos (1953)	1949	1966	N
2670	<b>Gondamieiro</b>	W, Sn	PTL Arcos	CAS+ VOLF +(Au)	CDPinto (1943) MGondamieiro (1958)	1950	1970	R
2761	<b>Santa Justa nº2</b>	Sn, W		CAS + VOLF	MStajusta (1943) CCoutinho (1951) MINAR (1953)	1951	1967	A

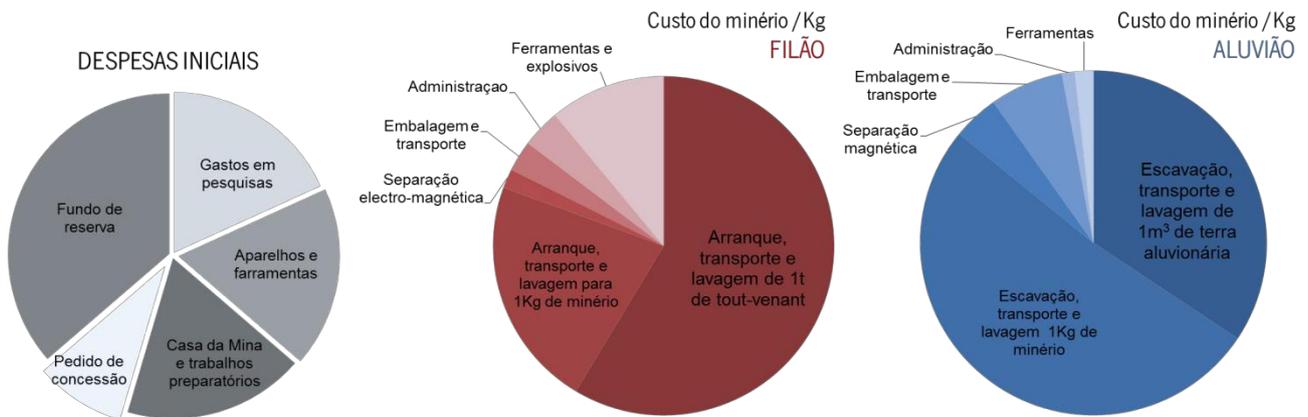
\*Nome das antigas concessões mineiras; a **negrito** indicam-se as que possuíam oficina de preparação em edifício próprio.

<sup>a</sup>Ano de termo de concessão e situação actual: R) revogada; A) abandonada; N) anulada

A descrição das despesas relativas à exploração da mina de Santa Justa nº2, permitiu comparar o investimento das duas abordagens (Figura IV.52). Segundo o “Orçamento por estimativa para uma 1.ª fase de trabalhos “ no plano de lavra de Santa Justa, refere-se como capital inicial necessário 55.000\$00, que deveriam ser distribuídos pelas despesas iniciais (Figura IV.52.). Os custos associados à produção de 1Kg de minério foram apresentados distintamente para a lavra sobre filão (total 58\$50) e sobre aluvião (total 40\$00).

No mesmo plano de lavra apresentava-se uma previsão de 450 Kg de volframite em aluvião e 7.500 kg em depósito filoniano (vendido 1Kg de volframite a 110\$00, no total representaria um lucro para a concessionária de

421.500\$00). A produção que a concessionária previa era de 1000 kg de volframite por mês (*Dossier 2761, PL, 1943*), fazendo uso de uma lavaria rudimentar (*Figura IV.50*), actualmente em ruína (*Figura IV. 54 e Figura IV.55*).



**Figura IV.52.** Termos comparativos das despesas associadas ao arranque da concessão de Santa Justa n.º2, distinção do custo de produção por filões (total 58\$50) e aluvião (total 40\$00), (*Dossier 2761, PL, 1943*)

Os vestígios deste campo mineiro tiveram vários ciclos de retoma mineira, testemunhada nos PL das duas concessionárias principais (*Dossier 803, PL 1918, PL 1932*) e (*Dossier 2761, PL, 1943*), e são susceptíveis de identificação no terreno. A extensa ripagem levada a cabo em 2006 dispersou grande parte das escombrelas à entrada das galerias, em flanco de encosta e soterrou parcialmente algumas sanjas e trincheiras (*Figura IV. 54*).

Numa campanha para obtenção de vistas aéreas (*Figura IV.55*), foi ainda possível reconhecer zonas preservadas, de maior pendor, onde mais tarde se veio a realizar amostragem do material de escombrela.

A proximidade a um santuário – Santa Justa – torna estas áreas mineiras bem conhecidas das povoações locais. As construções anexas ao santuário, e conhecidas como *quartéis* de Santa Justa, serviram no passado de acomodação e apoio aos trabalhadores mineiros. Aqui, a quantidade e dispersão de vestígios de lavra irregular é muito grande (*Figura IV. 54*).

Na *Figura IV.56* pode ver-se a proximidade das escavações mineiras e áreas de pastoreio, localmente designadas por “bouças”. Este cenário é comum a outros campos da RMArga e marca a articulação entre a actividade mineira e a agrícola.

Este campo mineiro veio a ser um dos alvos de interesse para a prospecção geofísica, efectuada pelos SFM, nos anos 70-80 do séc. XX (*Rocha Gomes, 1985; Farinha e Rodrigues, 1987*).

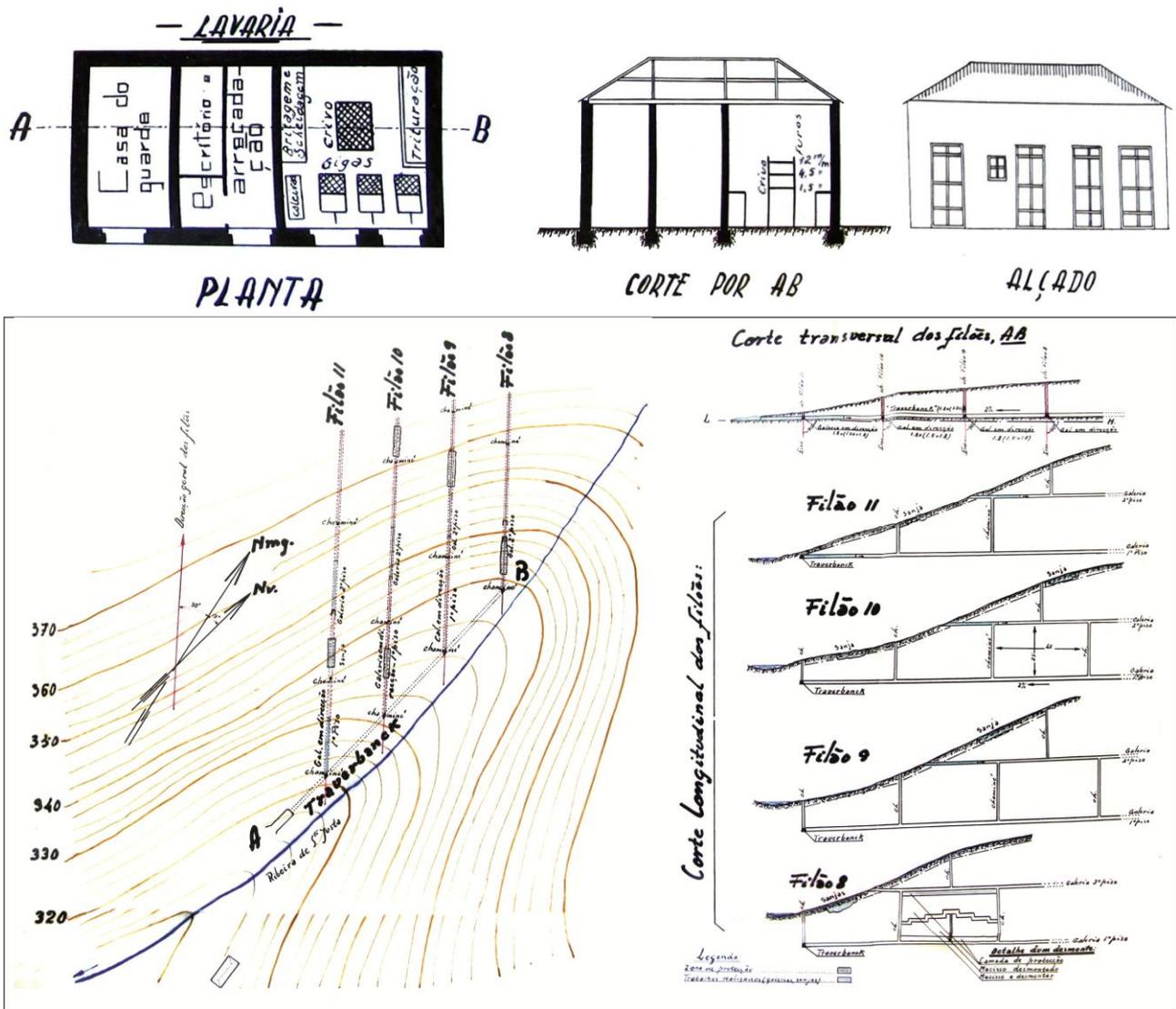


Figura IV.53. Planta e cortes da lavaria e zona de exploração sob filões, na área de concessão de Santa Justa nº2, sob administração da concessionária Mineira de Santa Justa, da autoria de Waldemar Santos Portela Coelho (*Dossier 2761*, PL, 1943)

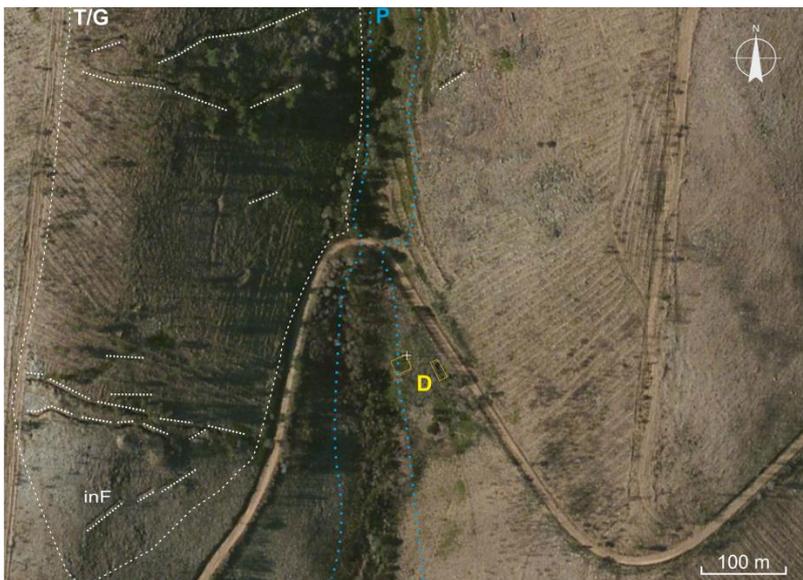


Figura IV. 54. Imagem de Satélite da mina de Santa Justa n.º2 (41°46'45"N, 8°40'52"W, Google Earth™ 7.0.3.8542, imagem captada a 30.Out.2006). LEGENDA: T/G - trincheiras (>5m) e galerias com paredes aluidas, e em continuidade com trabalhos superficiais (vertente de encosta 50-30%). O traçado não corresponde aos planos apresentados no PL, 1943 (Figura IV.53). inF - Trincheiras (<2m) com orientação distinta das restantes, mais desenvolvidas, lavras informais, anteriores à década de 1940; P - zona de exploração aluvionar sobre ribeiro de Santa Justa; D - Ruínas de Lavaria (Figura IV.53) e casa da mina.

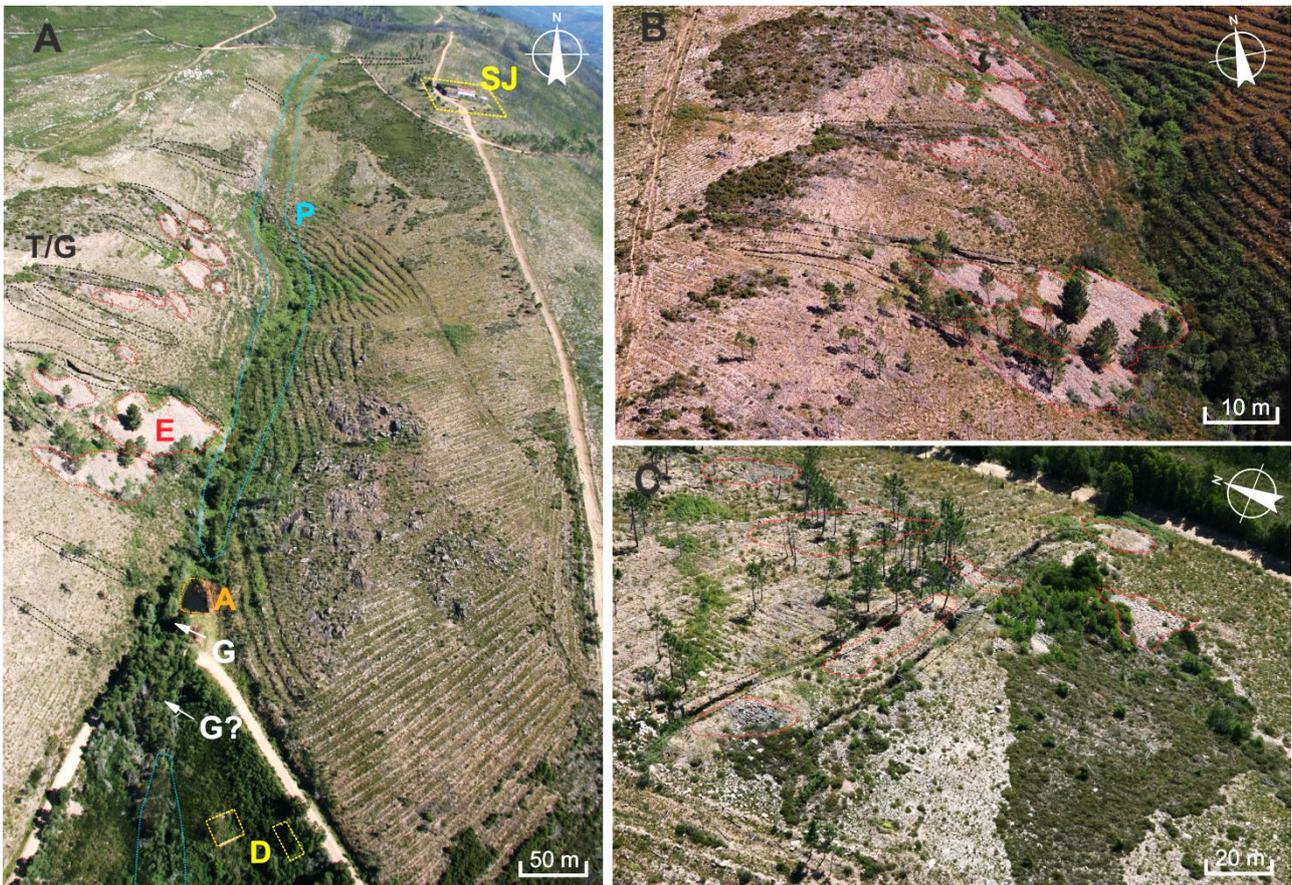
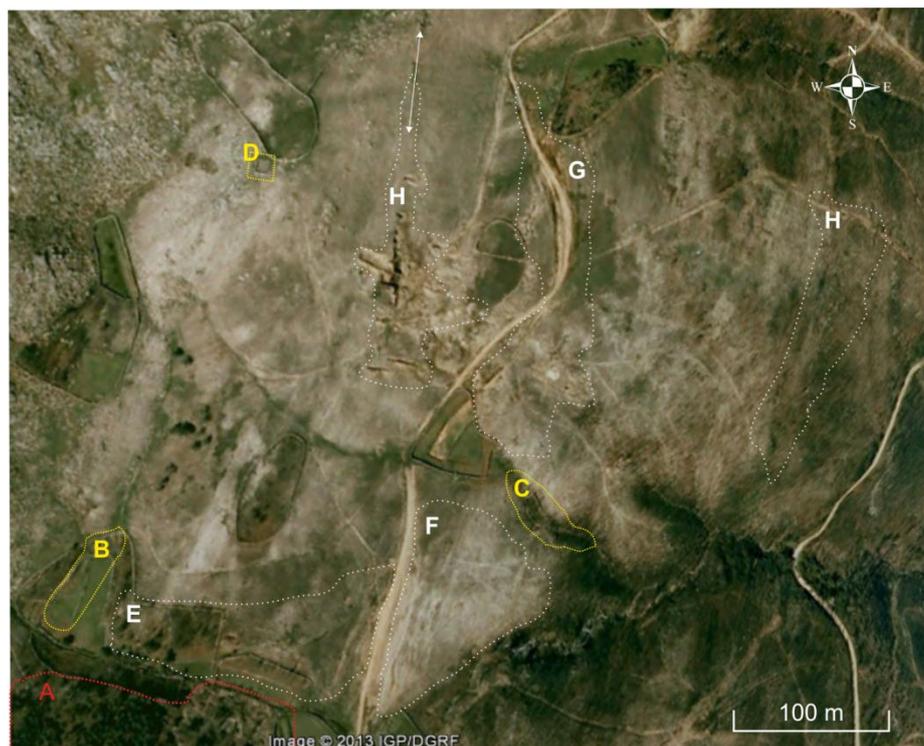


Figura IV.55. Vistas Aéreas sobre as áreas de concessão de Serra de Santa Justa e Santa Justa n°2 representam pormenores da Figura IV. 54: A – vista com alcance sobre o vale de Santa Justa, desde o Santuário (SJ), abrange a totalidade das áreas de exploração das duas minas, a N a mais antiga, a S correspondente aos planos da Figura IV.53; B – Vertente NW da mina de Santa Justa n°2 (vista de S); C – Vertente SW (Vista de E); LEGENDA: T/G (G e G?) – trincheiras e galerias com contorno tracejado, a preto; indicação de entradas de galerias - G corresponderá ao “traverbank” da Figura IV.53; E - Acumulados estéreis na vertente, contornados a tracejado, de cor vermelha, localizados junto das entradas de galerias e trincheiras, blocos grosseiros de rocha encaixante metassedimentar e quartzo com sulfuretos, arsenatos e óxidos de Fe; A – pequena represa de água, acima da entrada de galeria G; P – Placers associados à Rib. Santa Justa; D – Ruínas de Lavarria (Figura IV.53) e casa da mina.

Figura IV.56. Imagem de Satélite da área mineira de Estorãos - associação espacial das escavações subterrâneas e as áreas de pastoreio delimitadas com muros, (41°47'43"N, 8°40'41"W, Goolge Earth™ 7.0.3.8542, imagem captada a 30.Out.2006). LEGENDA: A – trincheiras e poços (<5m de profundidade), acumulados de rejeitos dispersos - blocos grosseiros de rocha encaixante granítica e metassedimentar e qz com sulfuretos, fosfatos e tungstados; B e C – zonas de tratamento e lavagem; D – tanque de água – ponto mais elevado; E, F, G – zonas de exploração irregular, sanjas e trincheiras (2-5m); H – zonas de exploração subterrânea (>5m de profundidade).



### IV.3.8. Campo Mineiro de Meixedo e Vila Mou (C8)

A área concessionada é constituída por mais de 3 dezenas de minas (Tabela IV.23) e situa-se a S da RMArga (Figura IV.57). Geomorfologicamente, corresponde a uma zona de aplanamento de linhas de água que correm para o rio Lima.

Segundo Carvalho (2008), reconhecem-se vestígios da actividade mineira que remontam à Idade do Ferro, à ocupação suevo-visigótica e vestígios de um povoado mineiro Romano, que resistiram à ocupação medieval, também ela aqui representada.

No que respeita a cartografia arqueológica, o campo mineiro de Vila Mou é atravessado de W para E por uma Via Romana e por caminhos secundários. Da área de concessão Vila Mou até ao Rio Lima há vestígios de uma calçada romana, sendo esta e as concessões de Guilhufes e Rasas aquelas em que maior número de vestígios foi identificado, principalmente associados à iluminação mineira (Carvalho, 2008).

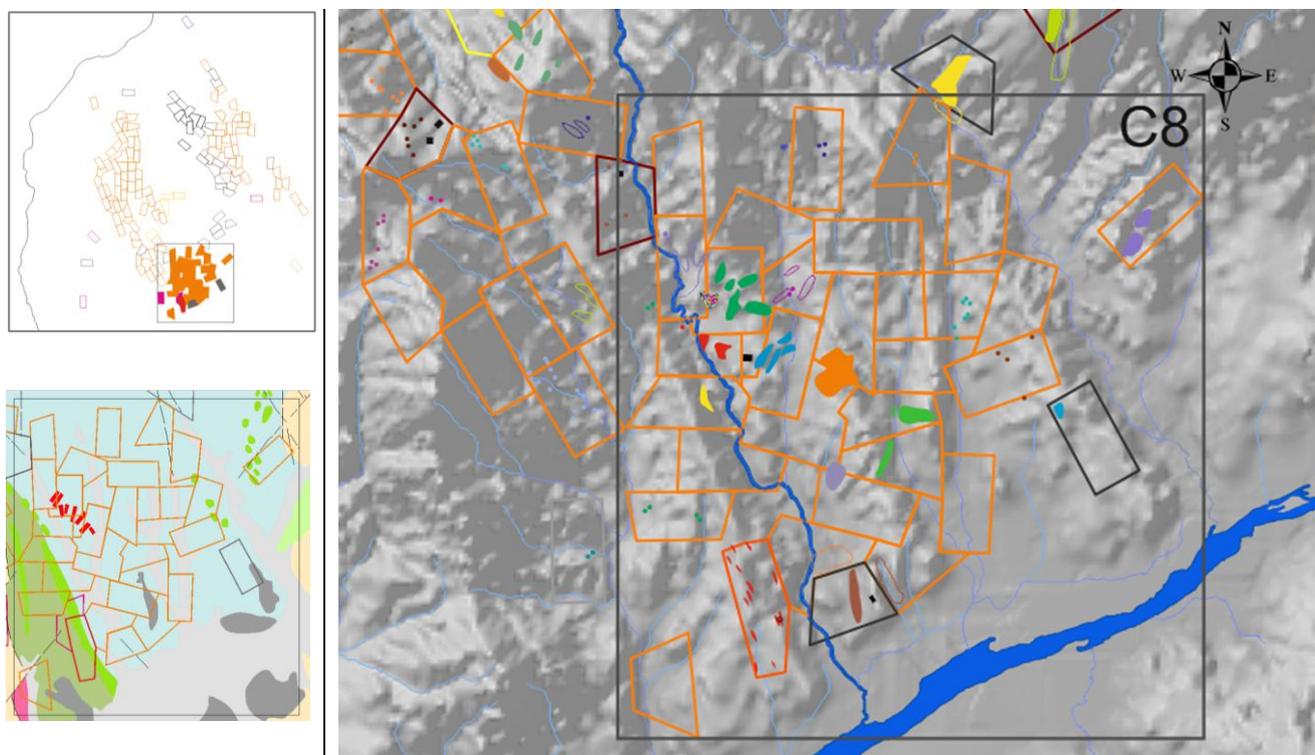


Figura IV.57. Localização do Campo Mineiro de Vila Mou. Base geológica (adaptada de Dias, 2012, legenda na Figura I.3); Mapa Digital de Terreno com a implantação dos trabalhos mineiros antigos (Legenda Figura IV.28).

Também no que respeita à época de concessionamento mineiro estudado, a mina de Fe de Senhor do Socorro foi a primeira a ser atribuída, em 1876. O seu depósito na RMArga está associado a enriquecimentos de ferro em concentrações metassedimentares dispersas (Figura IV.57), algumas das quais foram exploradas. Apenas naquela mina este tipo de material hematítico-limnítico foi utilizado para aproveitamento de Fe. As indicações da sua extensão e produtividade são escassas e a produção declarada foi pouco expressiva (Bol. Minas, 1940). A exploração foi retomada na década de 1930, possuindo ainda sanjas e uma galeria, demarcadas em mapas de fiscalização de trabalhos (Dossier 115, AV, 1938) e reconhecíveis junto da capela que dá nome à concessão.

Em geral, estas minas exploraram *placers* para aproveitamento de cassiterite. Desenvolveram ainda trabalhos a céu aberto sobre filões aplito-pegmatíticos sub-horizontais aflorantes. (*Dossier*, 3121, PL, 1956).

Tabela IV.23. Síntese das antigas concessões que integram o Campo Mineiro de Meixedo e Vila Mou

ID	NOME*	SUBSTÂNCIA(S) ALVO	CONCELHO Freguesia	MINÉRIO(S) Explorado(s)	Concessionários (Pedido de Concessão e/ou Transmissão)	Concessão INICIO FIM <sup>a</sup>
115	Senhor do Socorro	Fe	VCT Torre	LIM+HEM	José Pereira Vianna (1875) SFMendes (1937)	1876 1973 R
565	Bouça de Água ou Bouça Carvalha	W Sn	VCT Meixedo	CAS+(NbTAN)	José Rocha Pedrosa (1913) MRSilva (1943) SMBÁgua (1956) MERocha (1963) MBoavista (1969)	1913 1992 R
1484	<b>Pinhais</b>	Sn		CAS	CMNP (1923)	1924 1968 N
1485	<b>Alto da Mina</b>	Sn		CAS+(NbTAN)	DINÂMICA (1954arr.)	1924 1968 N
1486	<b>Mata de Vila Mou</b>	Sn		CAS+(NbTAN)		1924 1968 N
2201	<b>Lobatos</b>	Sn		CAS+(NbTAN)	MLanheses (1942)	1947 1967 A
2320	<b>Corjães</b>	W Sn	VCT Lanheses	VOLF+CAS	HPeixeiro (1944) JLFernandes (1951)	1948 1960 A
2416	<b>Baixa das Ervas</b>	Sn		CAS+(NbTAN)	MLanheses (1942) SMStoAntão (1945)	1949 1967 A
2466	<b>Vila Mou</b>	W Sn	VCT Vila Mou	VOLF+(Au,Ag)	MEstorãos (1943) JCSantos (1953)	1949 1968 N
2484	Cachada ou Campelo	Sn	VCT Nogueira	CAS	AMCampelo (1946) SMGaia (1951) TACOMIL (1955)	1950 1964 A
2792	Vilela	Sn	VCT Meixedo	CAS+(NbTAN)	MRSilva (1946) CMNP (1948)	1952 1968 N
2945	Cobalto	Sn	Vila Mou	CAS		1954 1988 R
2946	Cobalto n°2	Sn		CAS		1954 1988 R
2951	Lugar do Lagido	Sn		CAS		1954 1988 R
2952	Capela de N. Sra. da Rocha	Sn	VCT	CAS	MERocha (1954)	1954 1988 R
2953	Meixedo	Sn	Meixedo	CAS+(NbTAN)	MBoavista (1969)	1954 1988 R
2954	Meixedo n°2	Sn		CAS+(NbTAN)		1954 1988 R
2955	Lanheses	Sn	VCT - Lanheses	CAS		1954 1987 R
3121	<b>Balsas</b>	Sn	PTL - Arcos	CAS	SMTantalo (1956)	1956 1966 A
3216	Rasas	Sn	VCT - Vila Mou	CAS		1958 1987 R
3238	Cruz da Lenta	Sn		CAS		1958 1987 R
3239	Balteiro n°1	Sn	VCT	CAS		1958 1987 R
3240	Balteiro n°2	Sn	Meixedo	CAS		1958 1987 R
3241	Cocheiras	Sn		CAS + NbTAN	MERocha (1954)	1958 1987 R
3247	Guilhufes	Sn	VCT - Vila Mou	CAS	MBoavista (1969)	1959 1987 R
3255	Ervideiro	Sn	Vilar de Murteda	CAS+VOLF + (Au)		1959 1988 R
3301	Nogueira	Sn	Nogueira	CAS		1961 1987 R
3302	Três Caminhos	Sn	Lanheses	CAS + NbTAN		1961 1988 R
3303	Pedras Brancas n°2	Sn		CAS		1961 1987 R
3304	Silveireiro	Sn	VCT	CAS		1961 1969 A
3305	Vilela n°2	Sn	Meixedo	CAS	MERocha (1956)	1961 1987 R
3306	Calvelo	Sn		CAS+ VOLF	MBoavista (1969)	1961 1988 R

\*Nome das antigas concessões mineiras; a **negrito** indicam-se as que possuíam oficina de preparação em edifício próprio.

<sup>a</sup>Ano de termo de concessão e situação actual: R) revogada; A) abandonada; N) anulada

Distinguiam-se os aluviões e eluviões, mas a ambos se aplicaram métodos de desmonte similares, por “talhões”, adequando-se o tratamento em oficinas rudimentares, com um britador no início do circuito para o material eluvionar mais grosseiro (Figura IV.58). O esquema genérico das unidades de tratamento era “trommel - jiga - mesa oscilante”, com capacidade de 25ton de *tout-venant*/8h. Especificamente, para aluviões eram usados “*sluices*” com processamento de 30ton de *tout-venant*/8h.

Na exploração de aluviões, apresentada nos plano de lavra deste campo, referem-se os itens de “decantação” e “regeneração de terras”. Os tanques construídos possuíam 3 compartimentos para deposição dos sólidos suspensos na água de tratamento e reintrodução na lavaria – estes tanques ainda hoje são um vestígio reconhecível.

As minas situadas no extremo W do campo – Bouça d’Água ou Bouça Carvalha e o grupo Mata de Vila Mou, Pinhais e Alto da Mina – tiveram grande produção e por um período extenso, mantendo lavra activa (se bem que de forma descontínua) até finais da década de 1950 e início da década seguinte, declarando na sua produção a niobiotantalite. Estas minas possuíam exploração subterrânea desenvolvida segundo poços inclinados (*Dossier 565, RTR, 1959*) e desmontes armados (*Dossier 1486, PL. 1954*). A produção declarada nos anos de 1942 e 43, segundo os mapas de tributação mineira, representou cerca de 20 e 10% do total da RMArga. Em 1949 só o grupo de Mata de Vila Mou apresentou acima de 50% da produção total tributada da RMArga, sob administração da Companhia Mineira do Norte de Portugal, sociedade de capitais alemães (VI ANEXO).

As minas situadas no extremo E – Baixa das Ervas, Lobatos e Corjães – apresentam exploração significativa de cassiterite (em aluvião) e ouro (*Dossier, 2320, RRM, 1947*). Eventualmente, terão apurado também volframite ora em eluvião, ora em estreitos filões de quartzo que intersectavam os corpos aplito-pegmatitos mais possantes (1-2m).

Na década de 1950, também se verificou aproveitamento simultâneo de Nb e TA, na mina de Balsas da concessionária, Sociedade Mineira Tântalo. Do mesmo proprietário – A Mineira de Lanheses detinha a mina de Lobatos, a qual, de 1951 a 53, declarou para cada um desses anos 10-15% da produção tributada da RMArga (VI.12 ANEXO).

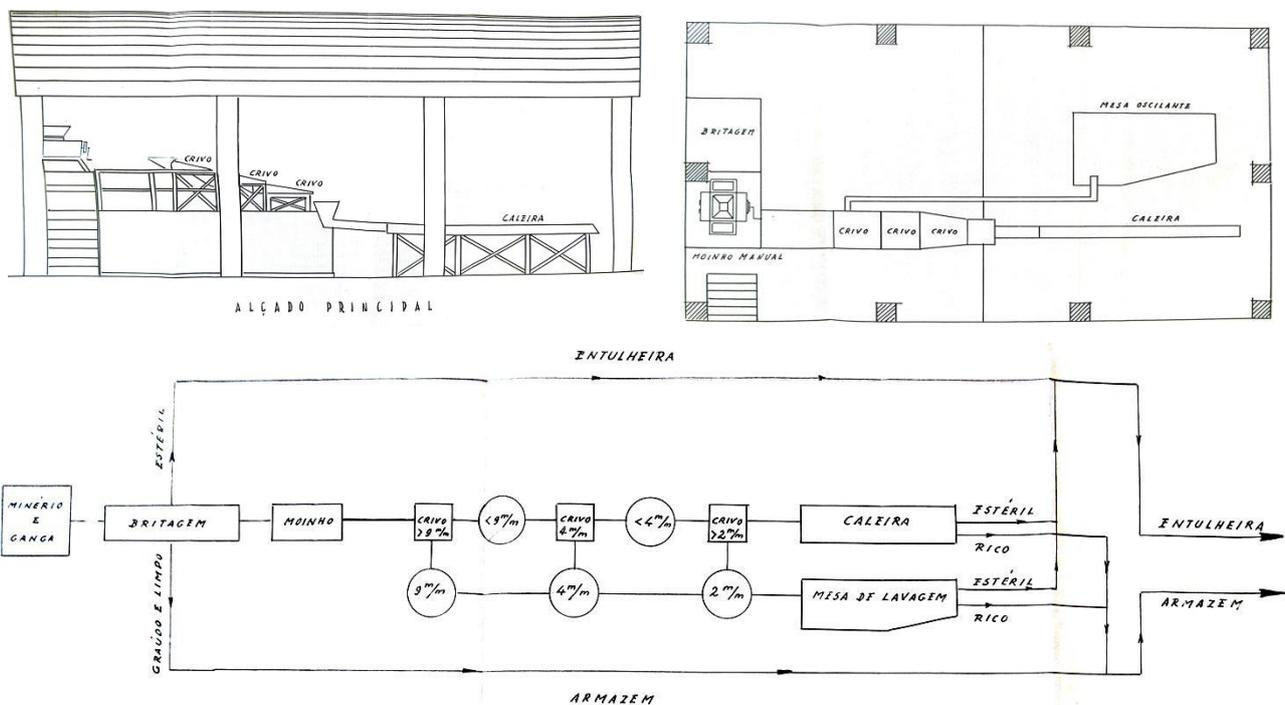


Figura IV.58. Planta, perfil e diagrama da instalação de preparação de minérios de Balsas, sob administração da Sociedade Mineira do Tântalo, planos do Eng.º Mário Duarte Palhota (*Dossier 3121, PL, 1956*).

### IV.3.9. Campo Mineiro da Agueira (C9)

Este campo ocupa a vertente SW da Serra d'Arga, já em terrenos metassedimentares Silúricos, até à vertente NE da Serra de Perre, sobre o maciço granítico de Outeiro (Figura IV.59). Integra as concessões que em 1952 se constituíram como o Couto Mineiro da Agueira (CM51), no total sete concessões, assinaladas na Tabela IV. 24. As restantes concessões anexas tiveram actividade em depósitos semelhantes – apilitopegmatitos com filões de quartzo associados. Aproveitaram igualmente cassiterite > volframite > ouro.

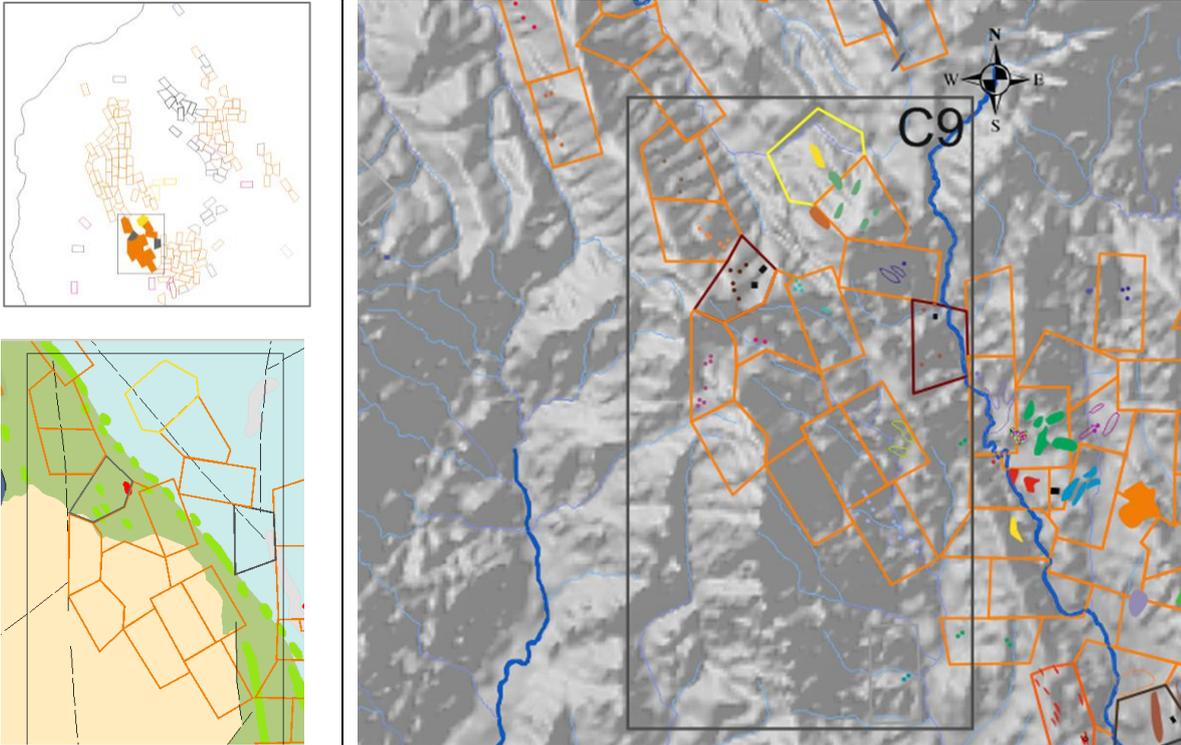


Figura IV.59. Localização do Campo Mineiro da Agueira. Base geológica (adaptada de Dias, 2012, legenda na Figura I.3); MDT com a implantação dos trabalhos mineiros antigos (Legenda Figura IV.28), curso de água principal: a Este a Rib. dos Campos – Rio do Seixo, a Oeste o Ribeiro do Outeiro, cortando o campo a Rib. de Nogueira.

As minas de Agueira (n.ºs 10, 6 e 4) eram aluviões de cassiterite, foram concessionados na década de 1930 e tiveram, no seu conjunto, acima de 75% da produção declarada na RMArga, apenas no ano de 1936, segundo os mapas de tributação mineira (VI ANEXO). Já como couto atinge cerca de 10% da produção total no início da década de 1950. Por esta altura a exploração está sediada na mina de Alto da Bouça das Freiras, com desmorte em 5 pisos e lavaria à boca da mina (Figura IV.60).

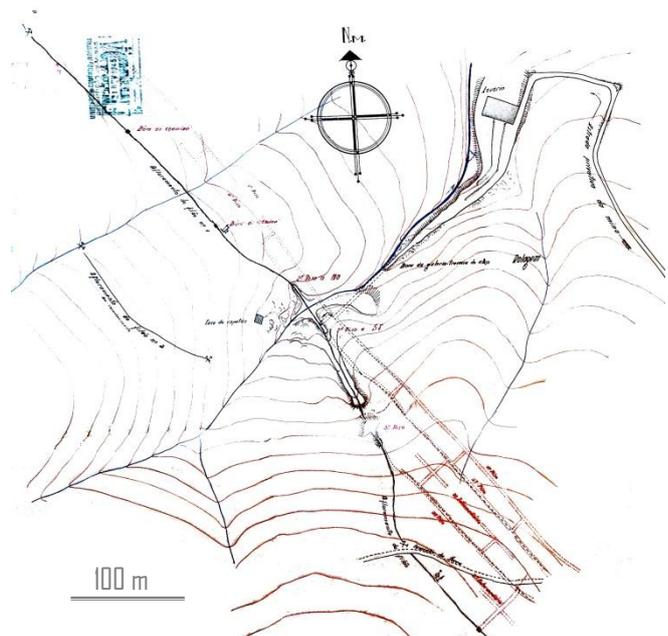


Figura IV.60. Planta dos trabalhos da mina de Alto da Bouça das Freiras (Dossier 2223, PL, 1945).

**Tabela IV. 24.** Síntese das antigas concessões que integram o Campo Mineiro de Agueira, principais elementos identificadores. As concessões que respeitam ao CM51 estão assinadas com <sup>CM</sup>.

Nº	NOME*	SUBSTÂNCIA(S) ALVO	CONCELHO Freguesia	MINÉRIO(S) Explorado(s)	Concessionários (Pedido de Concessão e/ou Transmissão)	Concessão		
						INICIO	FIM <sup>a</sup>	
1216	Cova do Lobo	Sn	VCT Amonde	CAS+(VOLF)	SMAItominho (1922) JDCqueira (1956) MBoavista (1961)	1922	1975	R
1649	Candosa	Sn	CMN Orbacém	CAS	MQuintiliano (1928) FilintoMota (1942)	1928	1970	A
1675	Corredouras	Sn		CAS+(VOLF)	SMAItominho (1925) MBoavista (1961)	1929	1991	R
1785	Agueira n.º10 <sup>CM</sup>	Sn	VCT	CAS	ACC (1930)	1930	1975	R
1786	Agueira n.º6 <sup>CM</sup>	Sn	Nogueira	CAS	GoldGMD (1937)	1930	1975	R
1787	Agueira n.º4 <sup>CM</sup>	Sn		CAS	SMAItominho (1956) MBoavista (1961)	1930	1975	R
2223	<b>Alto da Bouça das Freiras</b> <sup>CM</sup>	Sn,W	Nogueira	CAS+VOLF	MANorte (1943)	1947	1975	A
2224	Bouça da Agueira n.º1 <sup>CM</sup>	Sn	Outeiro	CAS	ACC (1949)	1947	1975	R
2225	Bouça da Agueira n.º2 <sup>CM</sup>	Sn		CAS	SMAItominho (1956)	1947	1975	R
2226	Bela Grande <sup>CM</sup>	Sn	Nogueira	CAS	MBoavista (1961)	1947	1975	R
2303	<b>Serra da Vila</b>	Sn	Amonde	CAS+(Au)	AMMagalhais (1943) MRSilva (1948)	1948	1973	R
2329	<b>Amonde n.º1</b>	Sn		CAS + (Au)	Gaio (1942)	1948	1974	R
2361	<b>Folgadoura</b>	Sn	Vilar de Murteda	CAS+(VOLF+Au)	Gaio (1943) EMRelva (1952) MCosta (1956)	1945	1967	A
2653	<b>Campo da Corte</b>	Sn W		CAS+VOLF	MEstorãos (1943)	1950	1966	A
2980	Bouça das Freiras	Sn	Nogueira	CAS + (Au)	ACC (1953) SMAItominho (1956) MBoavista (1961)	1955	1981	A
3145	Folgadoiro	Sn	Montaria	CAS+(VOLF+Au)	SMFolgadoiro (1956)	1957	1991	R
3146	Alto da Bouça da Breia	Sn,Au	Amonde	CAS+ Au	MBoavista (1961)	1957	1991	R

\*Nome das antigas concessões mineiras; a **negrito** indicam-se as que possuíam oficina de preparação em edifício próprio.

<sup>a</sup>Ano de termo de concessão e situação actual: R) revogada; A) abandonada; N) anulada

Os depósitos deste campo apresentam semelhanças geológicas e estruturais com o campo mineiro de Argas - Cerquido. O alinhamento de minas, Amonde n.º1 (a Norte) - Serra da Vila - Alto da Bouça das Freiras (vulgarmente conhecida por Verdes) inclui depósitos em veios de quartzo e brechas com cimento quartzoso, que ocorrem em rochas metassedimentos muito deformados (Leal Gomes, 1994). Em diferentes gerações de quartzo hidrotermal, identificaram-se mineralizações de W e ouro

Paralelamente a este lineamento, encontram-se, também alinhadas, as concessões de Alto da Bouça da Breia - Folgadoiro - Folgadoura e Campo da Corte, dedicadas a depósitos semelhantes aos que foram mencionados, com a particularidade de sobre eles terem incidido explorações romanas, de que dão conta alguns relatórios técnicos antigos (Figura IV.61).

O material que constituía as escombrelas antigas apresentava ouro nativo em quantidades elevadas ("97g/ton de ouro, 54g/ton de prata", *Dossier 3146, RRM, 1957*). Pela cartografia apresentada, o filão mineralizado com Au possuía uma extensão de 2Km e tinha aproximadamente a mesma direcção dos filões aplito-pegmatíticos com cassiterite.

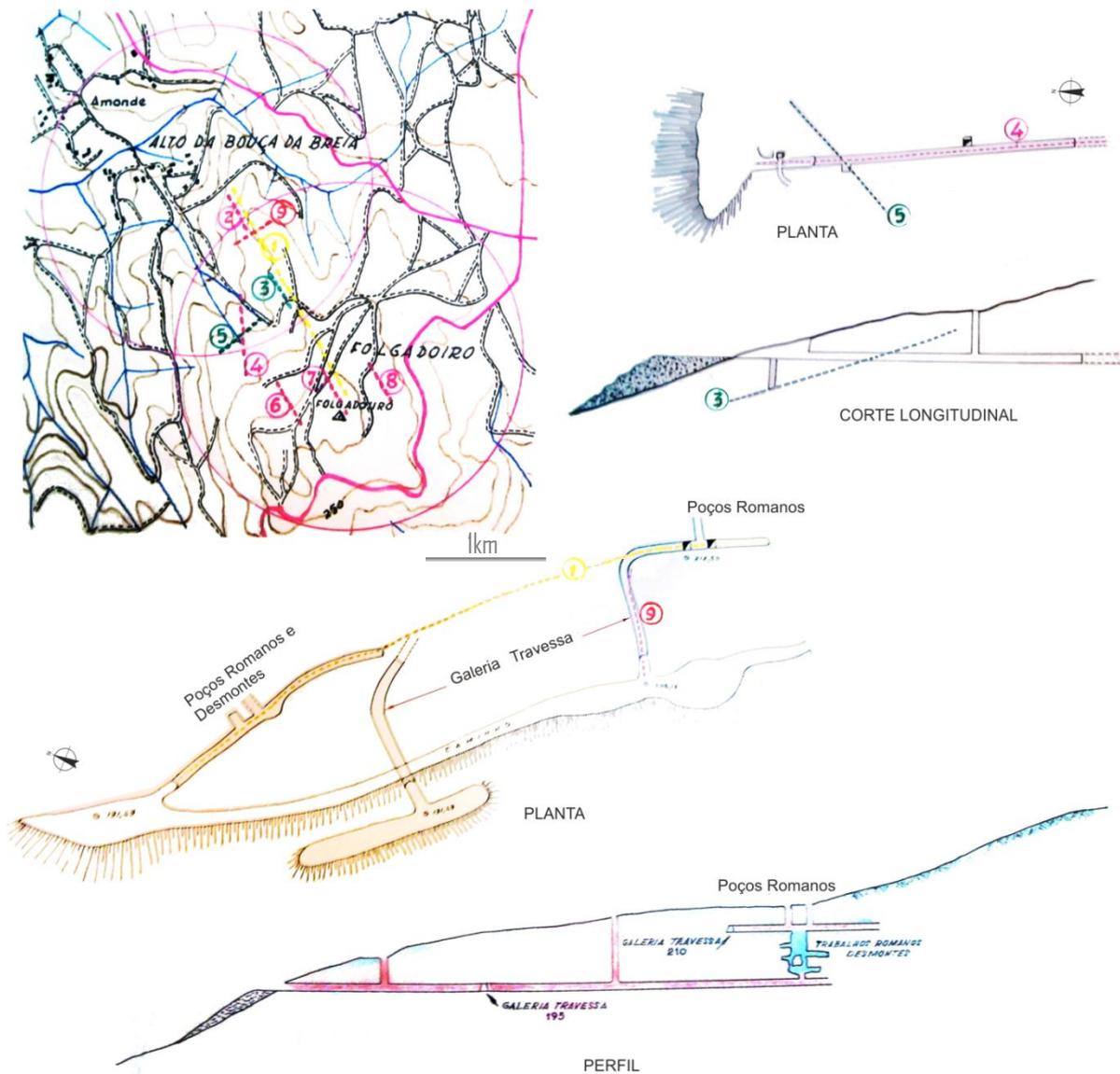
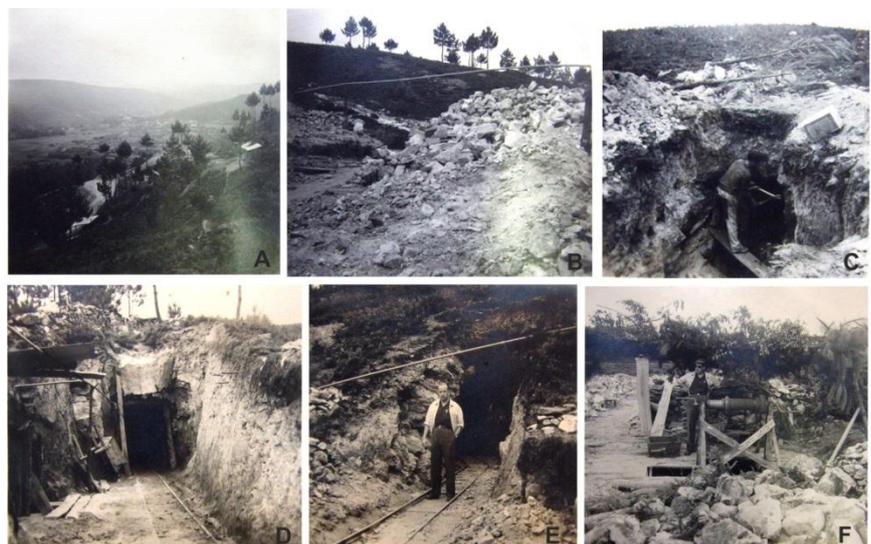


Figura IV.61. Plantas e cortes dos trabalhos de pesquisa da mina de Alto da Bouça da Breia. No mapa geral estão associadas as duas concessões Alto da Bouça da Breia e Folgadoiro do mesmo concessionário - Sociedade Mineira do Folgadoiro. Nos trabalhos de pesquisa foram reconhecidos 9 corpos filonianos, um dos quais quartzoso, com teores em Au (1) significativos, sendo os restantes mineralizados pela CAS. Nestes trabalhos foram reconhecidas escavações associadas à lavra romana - poços, estruturas de apoio e sustentação, objectos de iluminação e desmonte, cujos trabalhos são ilustrados com indicação "Poços Romanos" (Dossier 3146, RRM, 1957)

Figura IV.62. Fotografias dos trabalhos de pesquisa da mina do Alto da Bouça da Breia. LEGENDA: A - Aspecto geral da região e Instalações à superfície; B - Escombreira de material pegmatítico; C - Colheita de amostras em poço sobre o filão n.º 3; D - Galeria do filão pegmatítico n.º 4; E - Galeria do filão pegmatítico n.º 9, na mesma direcção que o filão de Au; F - Poço sobre o filão de Au, onde se reconheceram trabalhos anteriores (romanos?) (Dossier 3146, RRM, 1957).



### IV.3.10. Campo Mineiro de Vale do Âncora (C10)

Este campo mineiro ocupa o sector mais a Oeste da RMArga. Foi marcado sobre o vale do Rio Âncora, estendendo-se a Norte até à elevação de Azevedo e para Sul ocupa toda a cumeada e encosta Oeste da Serra de Amonde (Figura IV.63). Fazem parte do campo 11 concessões, a mais antiga das quais (Costa das Minas) dedicada ao Sn, e os grupos de Azevedo, Paradela, Bouça do Atalho e Ponte Saim (Tabela IV.25).

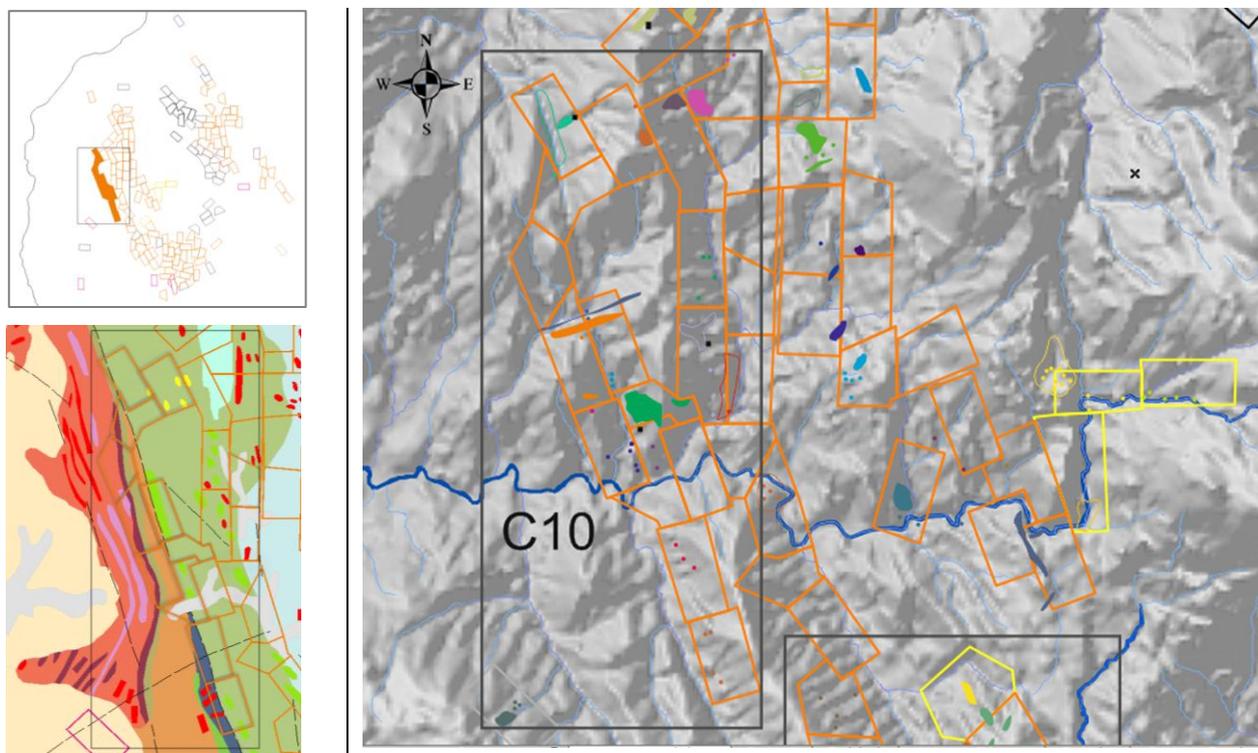


Figura IV.63. Localização do Campo Mineiro de Vale do Âncora. Base geológica (adaptada de Dias, 2012, legenda na Figura I.3) e Modelo Digital do Terreno com a implantação dos trabalhos mineiros antigos (Legenda Figura IV.28).

Tabela IV.25. Síntese das antigas concessões que integram o Campo Mineiro de Vale do Âncora

Nº	NOME*	SUBSTÂNCIA(S)	CONCELHO	MINÉRIO(S)	Concessionários (Pedido de Concessão e/ou Transmissão)	Concessão		
		ALVO				Freguesia	Explorado(s)	INICIO
758	<b>Costa das Minas</b>	Sn	<b>CMN</b> - Azevedo	CAS	Domingos Gusmão Araújo (1914) MECaminha (1917) DAPSilva (1923)	1917	1969	A
1001	Paradela	Sn	<b>VCT</b> - Freixeiro de Soutelo	CAS	CTinMines (1926) PATinCo (1958-arr.)	1921	1967	A
1518	Paradela nº1	Sn		CAS	MECaminha(1921)	1924	1967	A
1526	Bouça do Atalho	Sn	<b>CMN</b> - Orbacém	CAS	CTinMines (1923) PATinCo (1958-arr.)	1924	1975	R
1654	Azevedo nº4	Sn	<b>CMN</b> - Azevedo	CAS		1928	1967	A
1655	Azevedo nº6	Sn		CAS	CTinMines (1925)	1928	1967	A
1656	<b>Azevedo nº8</b>	Sn	<b>CMN</b> - Gondar	CAS	PATinCo (1958arr.)	1928	1967	A
1657	Azevedo nº11	Sn		CAS		1928	1967	A
1658	Azevedo nº14	Sn Qz Feld	<b>CMN</b> - Riba de Âncora	CAS Qz+ Feld	CTinMines (1925) PATinCo (1958arr.) VMachado (1970) SILIPOR (1976)	1928	1981	A
1659	Paradela nº4	Sn	<b>VCT</b> - Freixeiro de Soutelo	CAS	CTinMines (1925)	1928	1967	A
1660	Ponte de Saim	Sn	<b>CMN</b> - Orbacém	CAS	PATinCo (1958arr)	1928	1967	A

\*Nome das antigas concessões mineiras; a **negrito** indicam-se as que possuíam oficina de preparação em edifício próprio.

<sup>a</sup>Ano de termo de concessão e situação actual: R) revogada; A) abandonada; N) anulada

Na década de 1920 estas minas integraram uma proposta de Couto Mineiro, dirigida pela concessionária The Caminha Tin Mines (CTinMines), que acabou por não se concretizar. Esta concessionária de capitais ingleses teve as minas em sua posse até finais da década de 50 do séc. XX. A produção declarada, quer no início da década de 1940, quer em meados da década de 1950, não ultrapassou 1,5% do total tributado da RMArga, segundo os mapas de tributação mineira (VI ANEXO).

As rochas regionais são pelitos e psamitos, xistos carbonosos ferruginizados e a Norte metaconglomerados siliciosos e com óxidos de Fe. Os depósitos estão associados à mega estrutura de carreamento que aflora em Azevedo e Orbacém. Nos planos de lavra faz-se referência ao carácter ferruginoso dos filões explorados “*encimados por um lindo chapéu de ferro*” (Dossier 1659, PL, 1925). Os filões a Sul do Rio Âncora eram descritos como “*nitidamente diferentes*” dos situados a Norte, referindo-se a presença/ausência de andaluzite no encaixante, a quantidade de falhas, a atitude dos filões, os quais pertenceriam a vários sistemas, sem correspondência entre Norte e Sul (Dossier 1659, PL, 1925). Na cartografia proposta por Dias (2012) os terrenos a Sul, poligénicos, corresponderão a formações parautóctones e alóctones Silúricas, enquanto a Norte os terrenos são autóctones, possivelmente do Ordovício (Figura IV.63).

Não se encontraram referências a uma produtividade diferenciada para estes dois tipos contrastantes de enquadramento geológico. O desenvolvimento mineiro, no início do séc. XX, terá sido maior a Sul, em Costa das Minas, onde existia uma oficina de preparação; todavia, muita lavagem se fez no Âncora e afluentes. A Sul propunha-se a exploração conjunta das minas de Bouça do Atalho e Paradela, a partir de uma galeria travessa, situada abaixo da cota do Rio Âncora, atravessando o trajecto do rio a cota inferior (Dossier 1526, PL, 1927).

#### IV.3.11. Campo Mineiro Traz Ancora (C11)

No curso alto do Rio Âncora, desde o topo do maciço d’Arga e ocupando a vertente e contraforte W do maciço d’Arga (Figura IV.64), esteve concessionado o Couto Mineiro de Traz Âncora, correspondendo a 15 minas (Tabela IV.26).

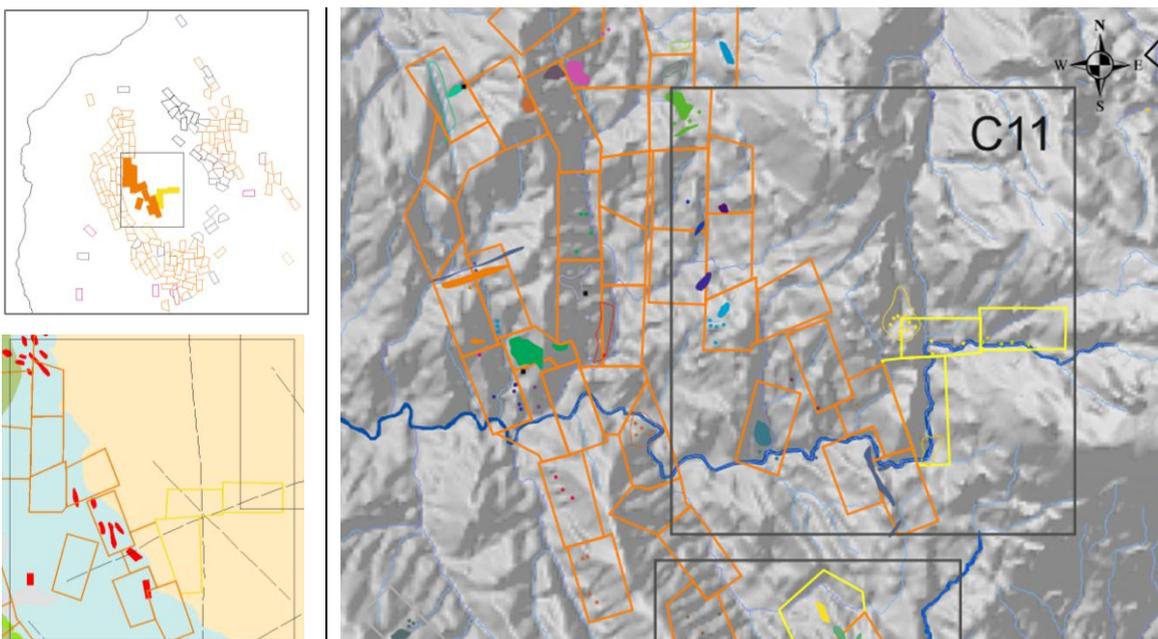


Figura IV.64. Localização do Campo Mineiro Traz Ancora. Base geológica (adaptada de Dias, 2012, legenda na Figura I.3); MDT com a implantação dos trabalhos mineiros antigos (Legenda Figura IV.28).

Tabela IV.26. Síntese das antigas concessões que integram o Campo Mineiro de Traz Ancora e CM30, principais elementos identificadores.

ID	NOME*	SUBSTÂNCIA(S) ALVO	CONCELHO Freguesia	MINÉRIO(S) Explorado(s)	Concessionários (Pedido de Concessão e/ou Transmissão)	Concessão INÍCIO FIM*	
1668	Espantar	Sn	VCT Montaria	CAS	ACC (1928)	1928	1968 A
1669	Traz-Ancora	Sn		CAS	ACC (1935) GoldGMD (1936Arr)	1928	1968 A
1670	Traz-Ancora n.º2	Sn		CAS	ACC (1928)	1928	1968 A
1788	Pedrulhos n.º1	Sn	CMN - Orbacém	CAS + (Au)		1930	1968 A
1789	Espantar n.º2	Sn	VCT Montaria	CAS	ACC (1930)	1930	1968 A
1790	São Mamede	Sn		CAS	ACC (1935)	1930	1988 R
1791	Pedrulhos n.º4	Sn	CMN	CAS + (Au)	GoldGMD (1936-arr.)	1930	1968 A
1792	Pedrulhos n.º6	Sn	Gondar	CAS + (Au)		1930	1968 A
1928	<b>Rio Âncora</b>	Sn Au	CMN	CAS + (Au)		1936	1968 A
1929	Rio Âncora n.º2	Sn Au	Orbacém	CAS + (Au)		1936	1968 A
1930	Rio Âncora n.º3	Sn Au	VCT - Montaria	CAS + (Au)		1936	1968 A
1932	Pedrulhos	Sn	CMN - Orbacém	CAS + (Au)	ACC(1936)	1937	1968 A
1933	Pedrulhos n.º2	Sn	Gondar	CAS + (Au)		1937	1968 A
1934	Pedrulhos n.º3	Sn	Orbacém	CAS + (Au)		1937	1968 A
1935	Pedrulhos n.º5	Sn	Gondar	CAS + (VOLF)		1937	1968 A

\*Nome das antigas concessões mineiras; a **negrito** indicam-se as que possuíam oficina de preparação em edifício próprio.

\*Ano de termo de concessão e situação actual: R) revogada; A) abandonada; N) anulada.

O couto estava concessionado para Au e Sn (**Dossier CM30, PL, 1938**). As minas que o vieram a integrar já apresentavam produção anteriormente. Em 1936 a mina de Espantar declarou cerca de 16% da produção total tributada na RMArga, segundo os mapas de tributação mineira. Já como couto a produção no período 1938-42 oscilou entre 21 e 8%. Em 1953-56 não atingiu 0,5% do total d'Arga (**VI ANEXO**). Apenas em 1937 apresentou produção de Au a de 380g (**Bol. Minas, 1940**).

As minas sobre o leito do Rio Âncora exploravam *placers* pouco espessos (coluvionares – eluvionares) e zonas de concentração pontual como as marmitas de gigante descritas como “*fundas e largas, de onde se tirou belas amostras de concentração de ouro*” (**Dossier 1928, PL, 1935**). Para as concessões a diferentes cotas apresentam-se distintos teores de CAS e Au, bem como o tamanho que as pepitas de ouro podem alcançar (**Figura IV.65**).

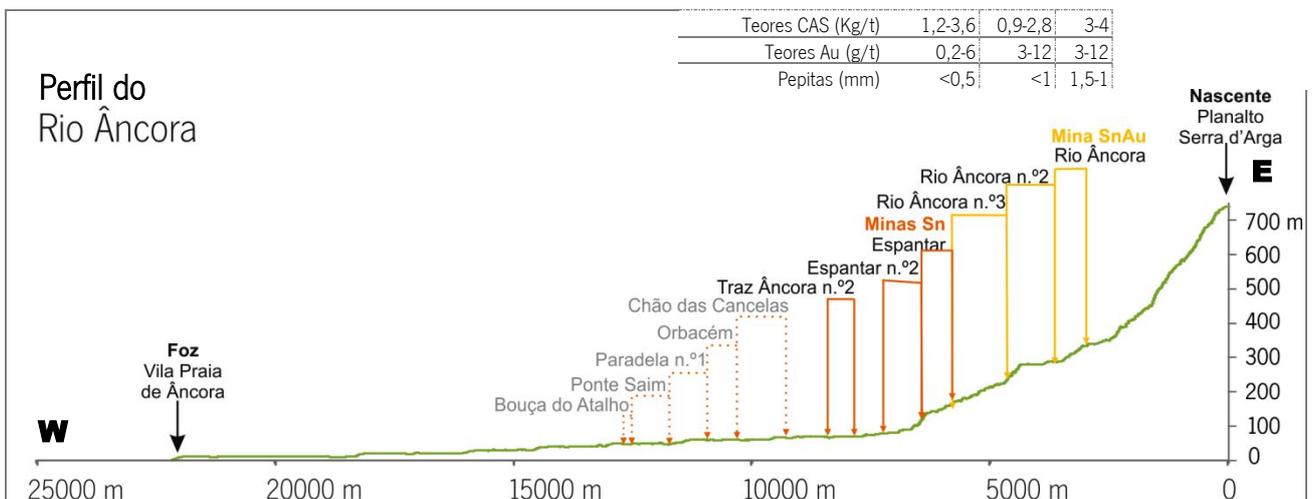


Figura IV.65. Perfil do Rio Âncora (W - E) com os trajectos referentes às diversas correntes atravessadas, onde são referenciados os teores de CAS e Au em *placers* e zonas de concentração preferencial em leito vivo (**Dossiers 1928, 1929 e 1930, correspondentes PL, 1935**). Nota: as áreas a tracejado não integram o campo mineiro em apreço, C11; Bouça do Atalho, Ponte Saim e Paradela n.º1 pertencem ao C10 (Vale do Âncora) e Orbacém e Chão das Cancelas, ao C12 (Gondar).

A exploração nestas minas era sazonal e o tratamento dos minérios era realizado em estações móveis, montadas no leito ou margem do rio (Figura IV.66). No apuramento do ouro descrevia-se o seguinte procedimento:

*"(...) serão colocadas, no extremo de cada canal, chapas de cobre amalgamado que reterão as partículas finas de ouro arrastado; para proteger estas placas do desgaste que lhe faria a passagem de todas as areias, eram cobertas por uma rede de arame forte com claros de 1mm. Estas chapas serão inspeccionadas de tempos a tempos e, quando estiverem cobertas de amálgama de ouro, serão substituídas por outras novas. Aquelas irão para a oficina de tratamento, onde serão tratadas pelo cianeto de potássio e novamente amalgamadas."* (Dossier 1928, PL, 1935).

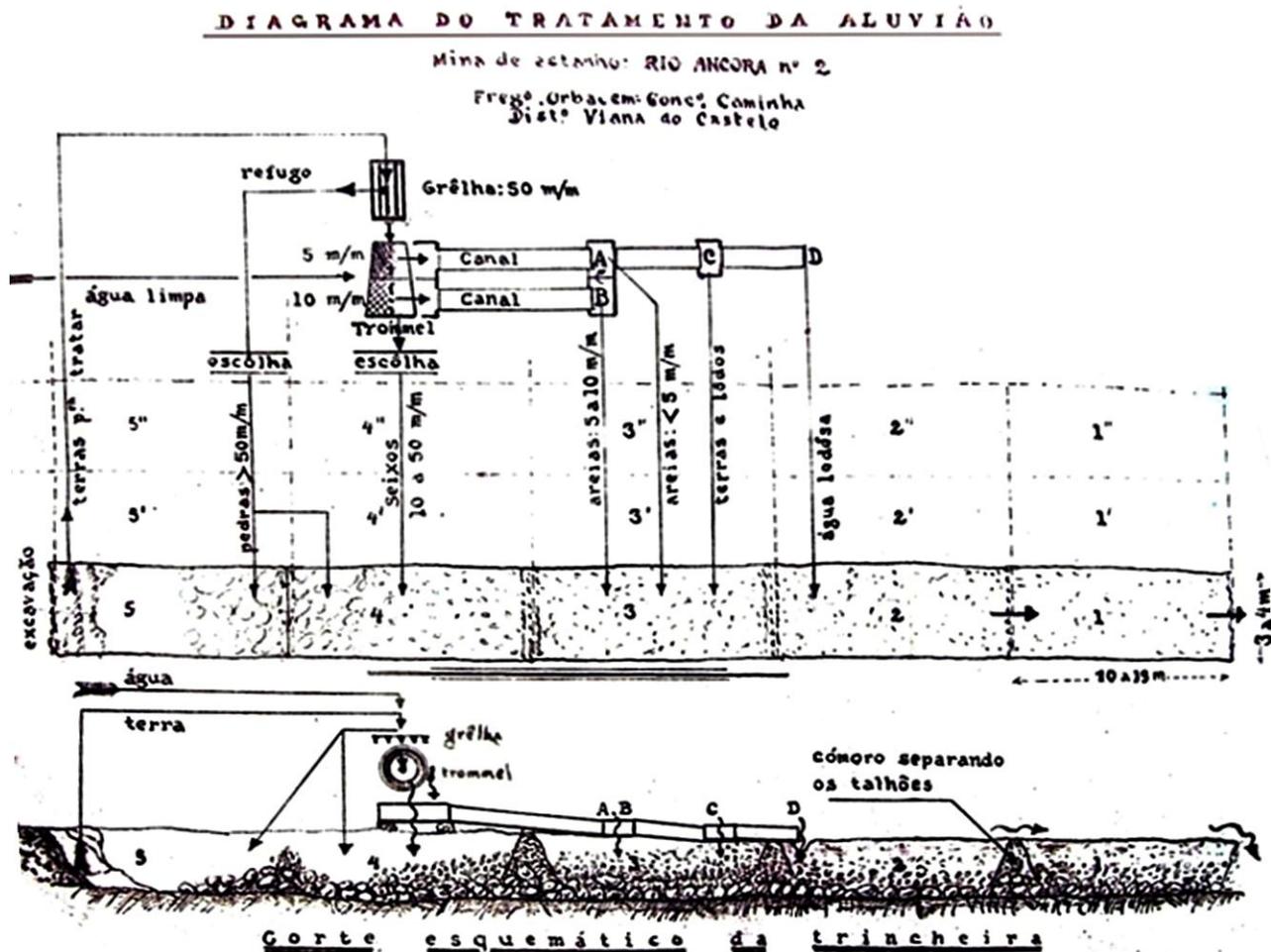


Figura IV.66. "Diagrama de tratamento da aluvião" da mina Rio Ancora n.º2 (Dossier 1929, PL, 1935).

Com excepção das 5 minas instaladas sobre o leito do Rio Âncora – grupos Rio Âncora e Traz Âncora –, as restantes minas tiveram exploração subterrânea, com galerias em flanco de encosta. Destacaram-se os trabalhos sobre o filão de Espantar (com possança a variar de 2 a 8m e sub-vertical) e os filões (estreitos e sub-verticais) na encosta de Pedrulhos que se desenvolvem até ao, designado, *Couto de Almoserno*. As lavras incidiam sobre estes filões aplito-pegmatíticos para aproveitamento da cassiterite e os teores variavam de 2-3Kg/ton, no caso de Espantar, a 3-5Kg/ton, na encosta de Pedrulhos.

## IV.3.12. Campo Mineiro de Gondar (C12)

O campo mineiro de Gondar compreende as minas que integravam o couto com o mesmo nome e ainda as que se estabeleceram a Sul, ao longo da Ribeira de Amonde, no total 12 minas dispostas segundo um eixo N-S (Figura IV.67,

Tabela IV.27).

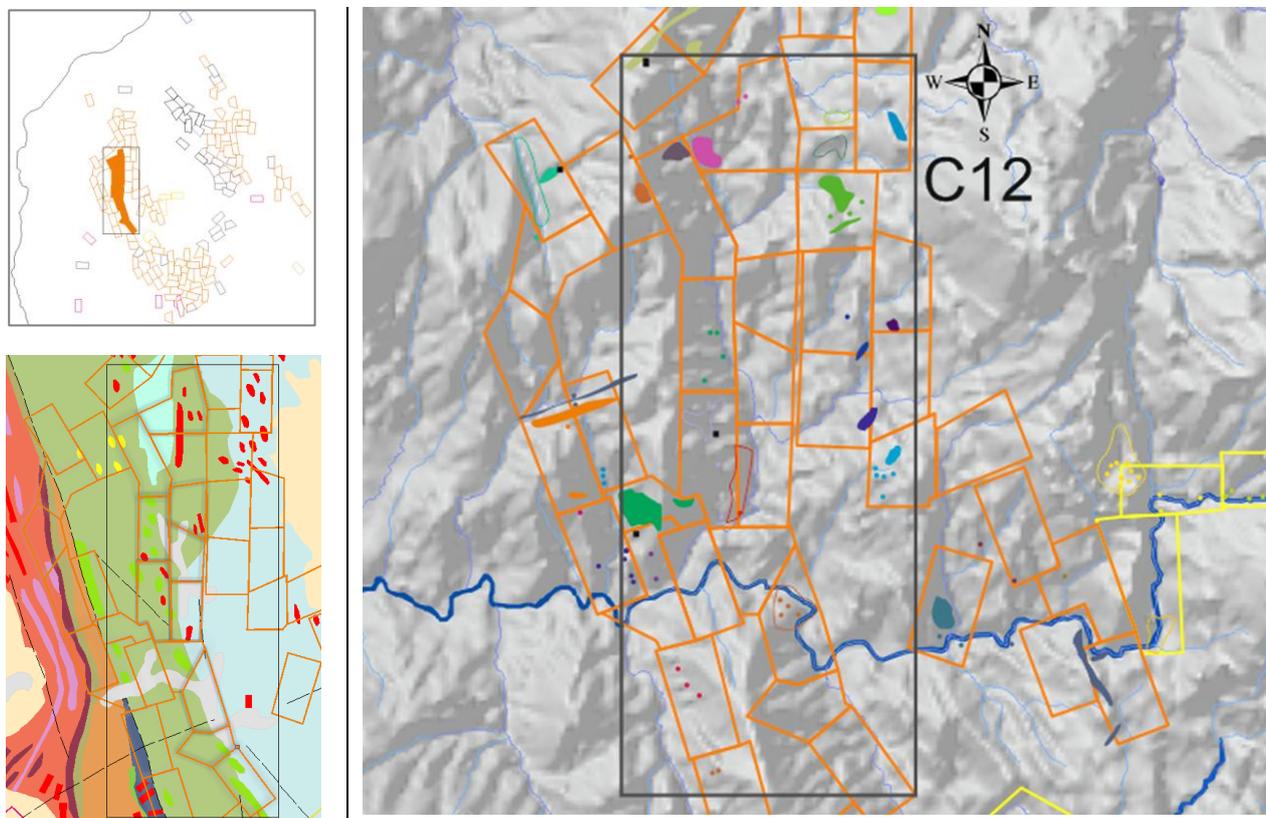


Figura IV.67. Localização do Campo Mineiro de Gondar. Base geológica (adaptada de Dias, 2012, legenda na Figura I.3); MDT com a implantação dos trabalhos mineiros antigos (Legenda Figura IV.28).

Tabela IV.27. Síntese das antigas concessões que integram o Campo Mineiro de Gondar, principais elementos identificadores. As concessões que respeitam ao CM24 estão assinadas com <sup>CM</sup>. \*Nome das antigas concessões mineiras; a **negrito** indicam-se as que possuíam oficina de preparação em edifício próprio. <sup>a</sup>Ano de termo de concessão e situação actual: **R**) revogada; **A**) abandonada; **N**) anulada

ID	NOME*	SUBSTÂNCIA(s) ALVO	CONCELHO Freguesia	MINÉRIO(S) Explorado(s)	CONCESSIONÁRIOS (Concessão /Transmissão)	CONCESSÃO INICIO FIM <sup>a</sup>		
1040	<b>Tourim</b>	Sn	<b>VCT</b> Amonde	CAS+(Au)	SMAIttoMinho (1922) JDCequeira (1956) MBoavista (1961)	1921	1991	R
1448	Gondar <sup>CM</sup>	Sn		CAS		1924	1972	R
1449	Minas <sup>CM</sup>	Sn		CAS		1924	1972	R
1450	Gondar n°2 <sup>CM</sup>	Sn		CAS	ACC (1923)	1924	1972	R
1451	<b>Zebres<sup>CM</sup></b>	Sn	<b>CMN</b>	CAS	GTinMines (1926)	1924	1972	R
1557	Sra. das Neves n°1 <sup>CM</sup>	Sn	Gondar	CAS	SMEGondar (1941)	1926	1968	A
1558	Sra das Neves n°3 <sup>CM</sup>	Sn		CAS	FNIndustria (1943ar)	1926	1972	R
1559	Sra das Neves n°4 <sup>CM</sup>	Sn		CAS + VOLF		1926	1972	R
1661	Sra das Neves n°2 <sup>CM</sup>	Sn		CAS		1928	1972	R
1674	Orbacém	Sn	<b>CMN</b> Orbacém	CAS	SMAIttoMinho (1924) GPinto (1957)	1929	1967	A
2018	Chão das Cancelas	Sn	<b>VCT</b> Amonde	CAS	JCDias (1938) EMChas (1943) CDPinto (1957)	1942	1969	A
2217	Tourim n°2	Sn	<b>VCT</b> - Amonde	CAS+(Au)	Gaio (1942)	1947	1969	A

O CMGondar inclui concessões que se estabeleceram desde 1930. Foi o primeiro para o qual se declararam produções na RMArga e também aquele com mais elevados valores desde 1942-1943 (segundo os mapas de tributação mineira - VI ANEXO), só comparável com o CMDem. Sob a concessão de uma sociedade de capitais ingleses, o conjunto das minas do CMGondar era constituído a N pelo grupo de Senhora das Neves e a S pelas minas de Gondar e Zebres. Nesta última estaria instalada a Lavaria (Figura IV.68). Todas estas minas teriam lavra em filões aplito-pegmatíticos relativamente estreitos (0,5 – 2m) e em *placers*.

## Projecto duma "Lavaria" para a mina d'estanho: "ZÉBRES"

Freg. d'Orbacém — Conc. de Caminha — Dist. de Viãna do Castelo

— B. W. F. Whittaker —

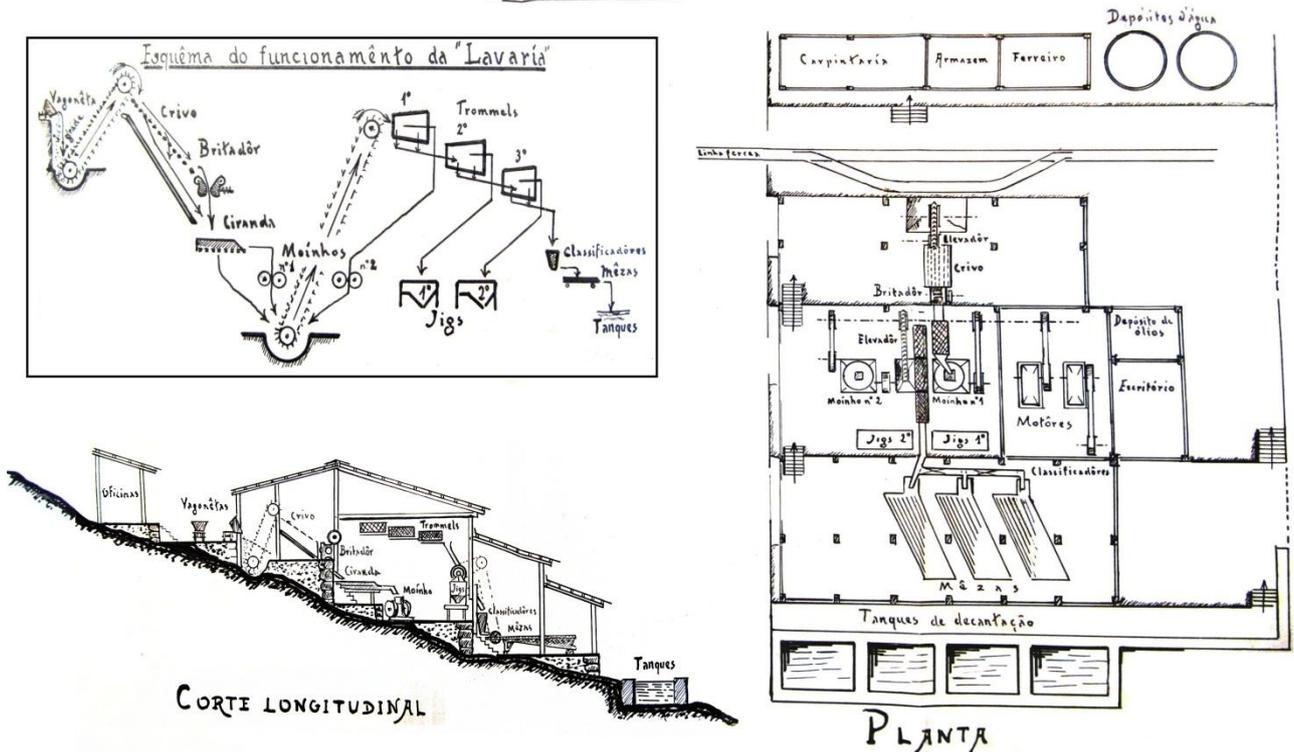


Figura IV.68. Lavaria de Zebres, sede de tratamento do Couto Mineiro de Gondar (CM24), sob administração da concessionária The Gondar Tin Mines, projecto do Eng.º Benjamin Whittaker (*Dossier 1451, PL, 1926*).

As rochas metassedimentares encaixantes dos filões integram os terrenos poligénicos Silúricos, descritos em Dias (2012), que se caracterizam por uma grande diversidade litológica. O contraste de coerência entre estas litologias e os próprios depósitos conferiu à área uma geomorfologia que facilitou a erosão dos filões, seguida de transporte e concentração dos minerais densos, veiculados pelos tributários da bacia do Rio Âncora.

As minas situadas a Sul do Âncora, com administração de vários concessionários, só declararam produção em períodos de mais elevada cotação, atingindo pontualmente valores altos, como no caso de Orbacém (em 1937, cerca de 8% do valor total tributado da RMArga) ou Chão das Cancelas (em 1942, cerca de 3%), segundo os mapas de tributação mineira (VI ANEXO). Muito embora existisse uma sede de tratamento, instalada na mina Tourim (semelhante à da Figura IV.48), as matérias eram processados em circuitos rudimentares (Figura IV.69).

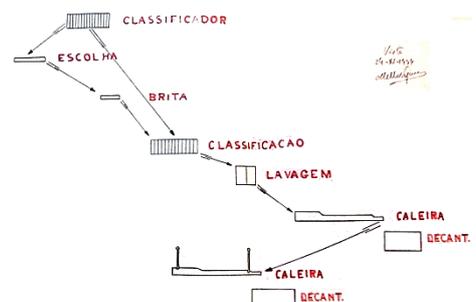


Figura IV.69. Esquema de tratamento de Chão das Cancelas (*Dossier 2018, PL, 1954*)

## IV.3.13. Campo Mineiro de Dem (C13)

Em Dem situam-se as concessões mais a NW da RMArga (Figura IV.70). O campo mineiro inclui as 4 minas do CMDem, o grupo de Corzes, Real e Bouças, as minas da encosta de Argela e, mais a N, as de Vilar de Mouros (Tabela IV.28), sob a influência directa do rio Coura.

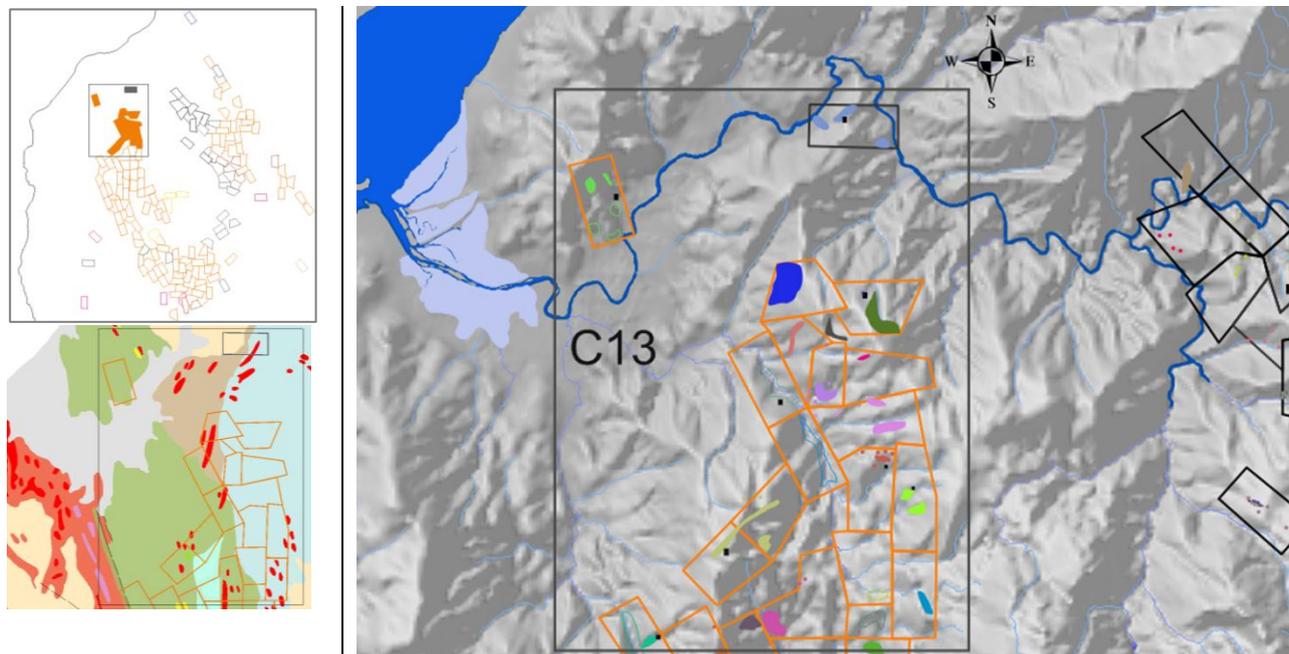


Figura IV.70. Localização do Campo Mineiro de Dem. Base geológica adaptada de Dias, 2012, legenda na Figura I.3; Modelo Digital do Terreno com a implantação dos trabalhos mineiros antigos (Legenda Figura IV.28).

Tabela IV.28. Síntese das antigas concessões que integram o CM de Dem. As concessões que respeitam ao CM6 estão assinaladas com <sup>CM</sup>.

N.º	NOME*	SUBSTÂNCIA(s) ALVO	CONCELHO Freguesia	MINÉRIO(S) Explorado(s)	Concessionários (Concessão/Transmissão)	Concessão		
						INÍCIO	FIM <sup>a</sup>	
964	Fonte Nova	Sn	<b>CMN</b> Vilar de Mouros	CAS	SMAtoMinho (1919) SMVarzea (1943)	1920	1992	R
979	Lugar de Dem <sup>CM</sup>	Sn	Orbacém	CAS + VOLF	ACC (1919)	1920	1972	R
1172	Dem <sup>CM</sup>	Sn		CAS	EMDem (1924)	1922	1972	R
1173	Vale do Azado <sup>CM</sup>	Sn	Gondar	CAS	GoldGMD (1937)	1922	1972	R
1174	Vale da Cachada <sup>CM</sup>	Sn		CAS	SMCaminha (1943arr)	1922	1975	R
1683	Bouças	Sn	Argela	CAS	CSVBrown (1928)	1929	1989	R
1684	Real	Sn		CAS	PACHANCHO (1948)	1929	1989	R
2194	<b>Corzes</b>	Sn	Gondar	CAS+(VOLF+Au)	ACC (1943) MANorte (1945)	1946	1992	R
2241	<b>Castelhão</b>	W Sn	Vilar de Mouros	VOLF + (CAS)	GVFaria (1943) CVasconcelos (1968)	1947	1992	R
2268	Corzes n.º2	Sn	Gondar	CAS	ACC (1942) MANorte (1945)	1947	1968	A
2276	Corzes n.º3	Sn	Orbacém	CAS	ACC (1943) MANorte (1945) Cerqueira (1957)	1947	1968	A
2280	<b>Real n.º1</b>	Sn		CAS	PACHANCHO (1943)	1947	1988	A
2327	Chão da Costa	Sn	Argela	CAS	SGuerreiro (1943)	1948	1970	R
2328	Vala Grande	Sn		CAS	SGuerreiro (1941)	1948	1975	R
2656	Fonte do Cuco	Sn		CAS	FNIndustria (1943)	1950	1972	A
3371	Cruz da Facha	Sn	Vilar de Mouros	CAS	MCCaminha (1962)	1964	1977	R

\*Nome das antigas concessões mineiras; a **negrito** indicam-se as que possuíam oficina de preparação em edifício próprio.

<sup>a</sup>Ano de termo de concessão e situação actual: R) revogada; A) abandonada; N) anulada

Os vestígios reconhecidos, na área da mina de Corzes, são ilustrativos do tipo de lavra e infra-estruturas de apoio, de meados do séc. XX, na RMArga, correspondendo às plantas de trabalhos realizados (Figura IV.71, Figura IV.72)

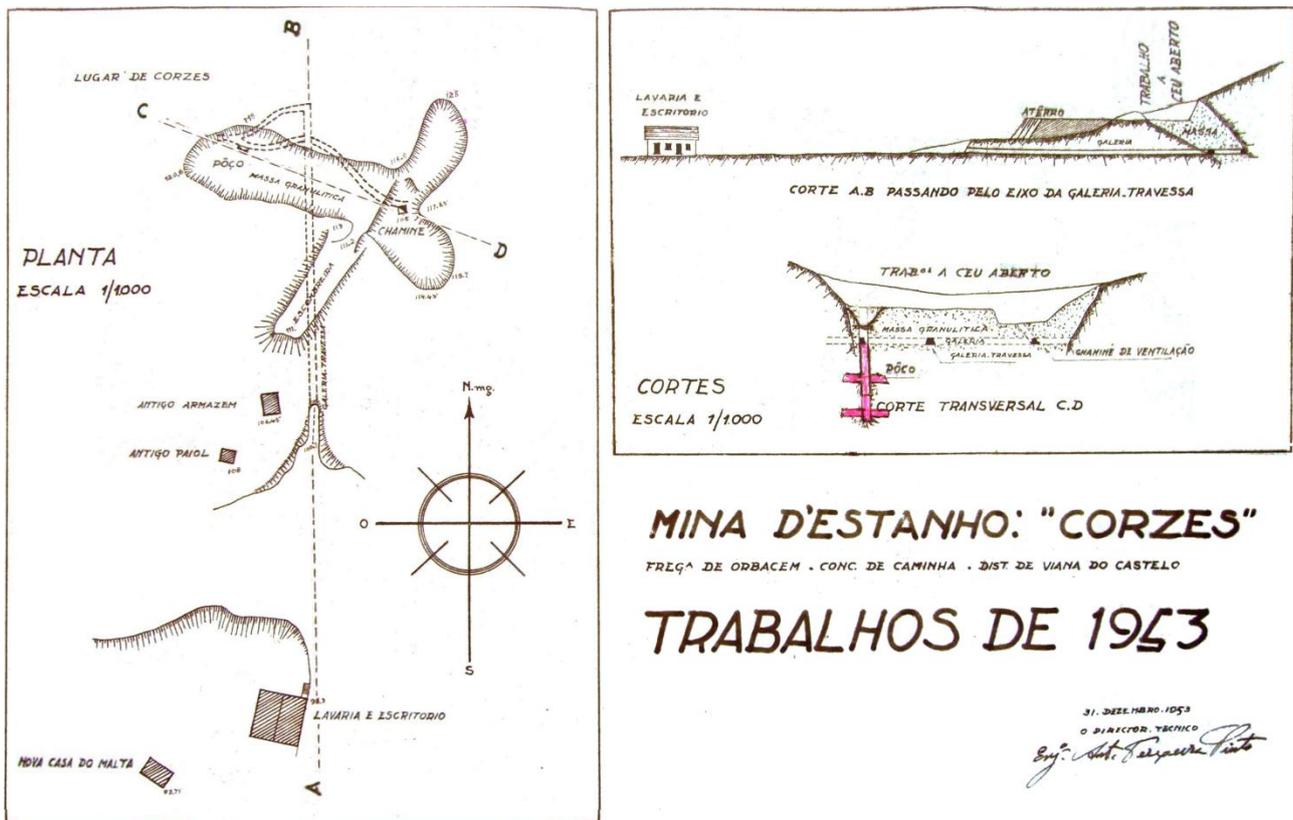


Figura IV.71. Trabalhos realizados até 1953 na mina de Corzes, sob a administração da Minerio Agrícola do Norte (Dossier 2194, RTR, 1954).

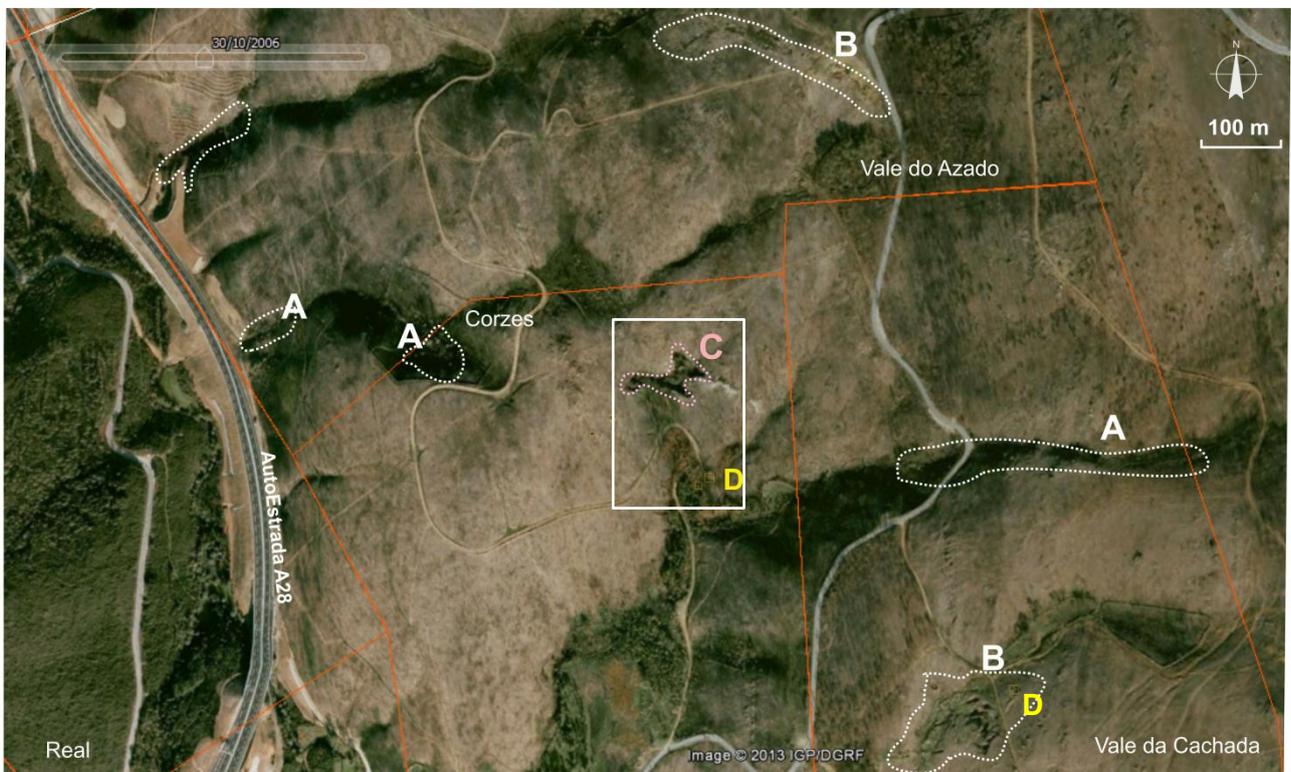
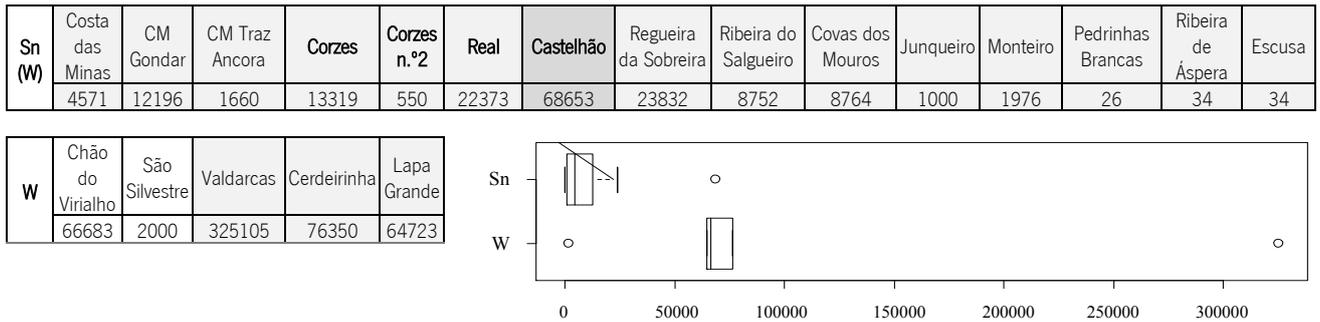


Figura IV.72. Imagem de Satélite das minas de Vale da Cachada, Vale do Azado, Real e Corzes (41°50'56"N, 8°45'35"W, Goolge Earth™ 7.0.3.8542, imagem captada a 30Out2006). LEGENDA: A - vestígios de trabalhos em *placers*; B - galerias com troços aluidos e em continuidade com trabalhos a céu aberto; C - Céu aberto da mina de Corzes (retângulo correspondente à ilustração na planta da Figura IV.71); D - Ruínas de anexos mineiros e lavaria.

O CM de Dem e a mina de Fonte Nova foram centros de produção desde o fim da década de 1930 a início de 1940. As minas de Castelhão e Corzes (**Figura IV.71**) destacaram-se na segunda metade da década de 1940 e no início dos anos 1950. A **Figura IV.73** mostra os valores de produção (em Kg) das minas abrangidas pela Folha 1-C da Carta Geológica (**Teixeira e Assunção, 1961**). Os círculos representam valores de discrepância em relação à população. Pode verificar-se que a mina de Castelhão ocupa uma posição discrepante (*outlier*) no que respeita aos valores de Sn (W). Todavia, terá sido na década anterior que a sua produção em W terá atingido maiores valores, em contexto de exploração muito particular de entre os tipos de actividade mineira dirigida na RMArga.



**Figura IV.73.** Valores de produção em Kg no período 1951 – 60 (**Teixeira e Assunção, 1961**). **NOTA:** a sombreado estão as minas relativas à RMArga, excluem-se as de Paredes de Coura, no maciço de Taião; a **negrito** estão as minas do campo mineiro de Dem. A representação gráfica é um *diagrama de extremos e quartis* que resume a distribuição: mediana, quartis e extremos para os dois grupos considerados: minas de Sn(W) e minas exclusivamente de W.

A mina de Castelhão, na sua primeira fase de exploração, integrou mais de uma centena de trabalhadores voluntários, designados trabalhadores por “conta própria”, que desmontavam uma secção do depósito tipo enxame. Em grupos (sociedades informais, ou famílias), a extracção era realizada sem qualquer controle ou orientação, sendo a produção canalizada para a concessionária, que pagava a peso e concedia espaço de exploração e tratamento. Os vestígios que restaram deste primeiro período são exemplares no que respeita a esta dinâmica entre grupos de trabalhadores por conta própria e a empresa concessionária, também designada de “a companhia”. Tratam-se de escavações prismáticas num maciço granítico, na cumeada da área de exploração, localmente designada por “pias” ou “talhas” (**Lima, 1996, 2006**) destinadas às funções de fragmentação, lavagem e apuramento do minério (**Figura IV.74**)

**Figura IV.74.** Vestígios do tratamento realizado na mina de Castelhão (década de 1940), carácter peculiar das actividades mineiras na RMArga. As escavações teriam sido realizadas pela concessionária – Gaudêncio Valente e Faria -, atendendo à forma como a actividade estava organizada, segundo grupos/famílias que desmontavam o depósito filoniano/venular e procediam à fragmentação e lavagem nas imediações deste maciço granítico.  
 LEGENDA: **A** - vista N-S após intervenção arqueológica, pendor aproximado do maciço de 30-40°; **B** e **C** – símbolos de cunho religioso e evocativos da orientação dos filões principais; **D** - interpretação do traçado da condução de água para lavagem do minério (linhas a azul), escombreliras dispersas de material grosseiro (>5cm) mineralizado pela VOLF (áreas a vermelho).



A exploração mineira neste campo foi iniciada com trabalhos superficiais, já na década de 1920 (CM Dem), sem orientação técnica e próprios de actividades informais. Estas lavras acabaram por ter continuidade em trabalhos subterrâneos, por meio de poços-mestre (ex. das minas de Cruz da Facha e Fonte do Cuco) ou segundo galerias em flanco de encosta (ex. Castelhão, Real n.º1). A mina de Fonte Nova é exemplo do inverso, com traçagem e orientação técnica no início dos seus trabalhos (década de 1920). A mina passou a ter lavra ambiciosa sobre as frentes abandonadas, de baixo teor, e nos *placers* no Rio Coura (*Dossier*964, I, 1957; R, 1970).

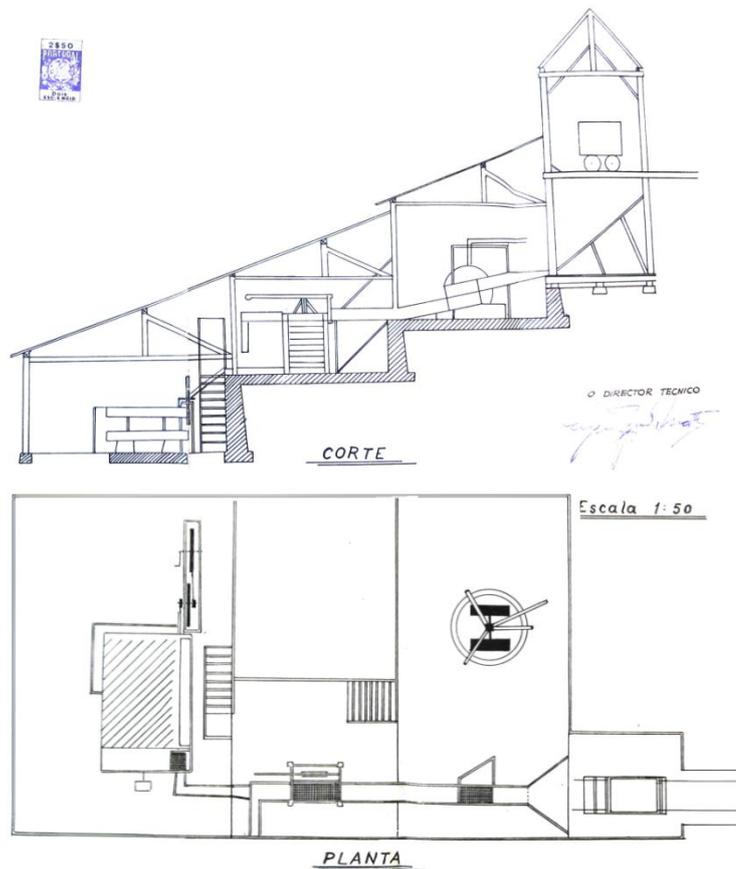
O grupo de minas Bouças - Real n.º1 teve o período mais alargado de lavra activa e produção declarada na RMArga, oscilando entre <1 e 5% do total tributado (VI ANEXO). No que respeita a tratamento, estas minas beneficiaram da ampliação de lavaria rudimentar (**Figura IV.75**), na década de 1950, passando a operar com 3 mesas oscilantes manuais e um moinho eléctrico. No ano da ampliação, registou o máximo de 5% do total tributado (*Dossier* 1683, PL, 1948).

Durante duas décadas, o CMDem tratou os seus minérios de forma muito rudimentar, à boca da mina e em cursos de água. Só em 1940, a concessionária - Gold *General Mining Development* - apresentou uma proposta de lavaria manual, instalada na mina de Lugar de Dem (**Figura IV.76**).

O diagrama é semelhante ao das lavarias de Cumieira, Lagoa, Gondameiro, Amonde n.º1, Folgadoira, Tourim n.º2, em que existia minério misto (Sn, Nb-Ta e W). No caso deste diagrama, contrastam os calibres da fracção fina, menores (1,2mm) que os das outras (*Dossier* CM6, PL, 1940). Muito embora a única substância concessionada fosse o Sn, explorado em aluvião (minas Dem e Lugar de Dem) e em filões aplito pegmatíticos (minas de Vale da Cachada e Vale do Azado) (**Figura IV.72**), nesta zona reconhecem-se, de forma circunscrita, níveis metassedimentares mineralizados com tungstatos em matriz de sulfuretos, que poderão ter justificado o apuramento com menores calibres.

Já na década de 1980, foram dirigidas campanhas de prospecção e pesquisa na área relativa ao CMDem, mais concretamente na área do Serro, tanto por empresas estrangeiras (*Serpa Mines*, 1982), como pelo próprio SFM (*Farinha e Rodrigues*, 1987-90).

O diagrama de tratamento da lavaria de Corzes não consta nos *dossiers* consultados. No entanto, os vestígios reconhecidos em campo, em exemplar estado de conservação e disposição original, permitem atribuir-se um esquema semelhante ao do CMDem, intervindo na concentração, em vez de uma caleira, 3 mesas oscilantes.



**Figura IV.75.** Lavaria de Bouças - Real n.º1, anterior à ampliação de 1951, sob administração de PACHANCHO (*Dossier* 1683, PL, 1948)

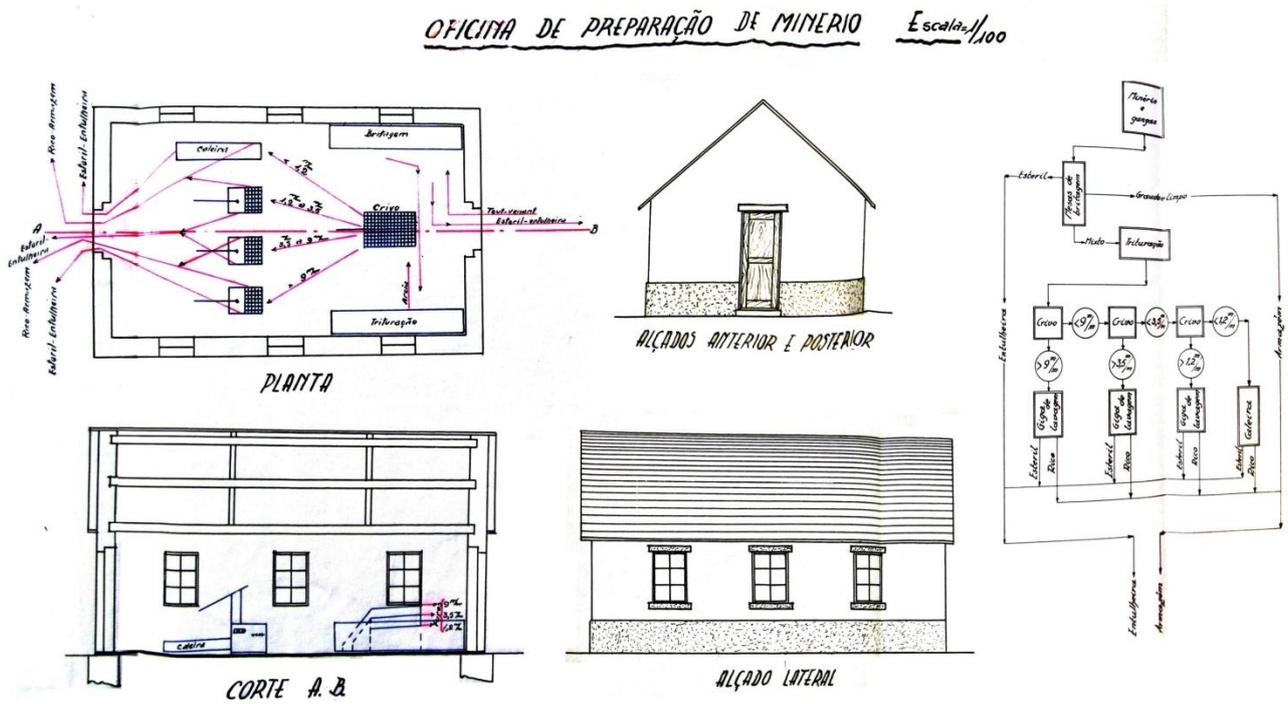


Figura IV.76. Lavaria do Lugar de Dem, eventual sede de tratamento do Couto Mineiro de Dem, sob a administração da Gold General Mining Development, plano do Eng. Augusto Nascimento da Fonseca Jr. (*Dossier CM6, PL, 1940*).

**IV.3.14. Campo Mineiro de Valdearcas - Domo de Covas (C14)**

O Couto Mineiro de Valdearcas representa a expressão mais industrializada da exploração mineira na RMArga. De forma isolada, as concessões terão iniciado lavra no início da década de 50, perdurando até meados de 1980 (Tabela IV.29). O conjunto das concessões e couto mineiro estão demarcados a N do maciço d'Arga, nas freguesias de Covas e Arga de Baixo e Arga de Cima (Figura IV.77).

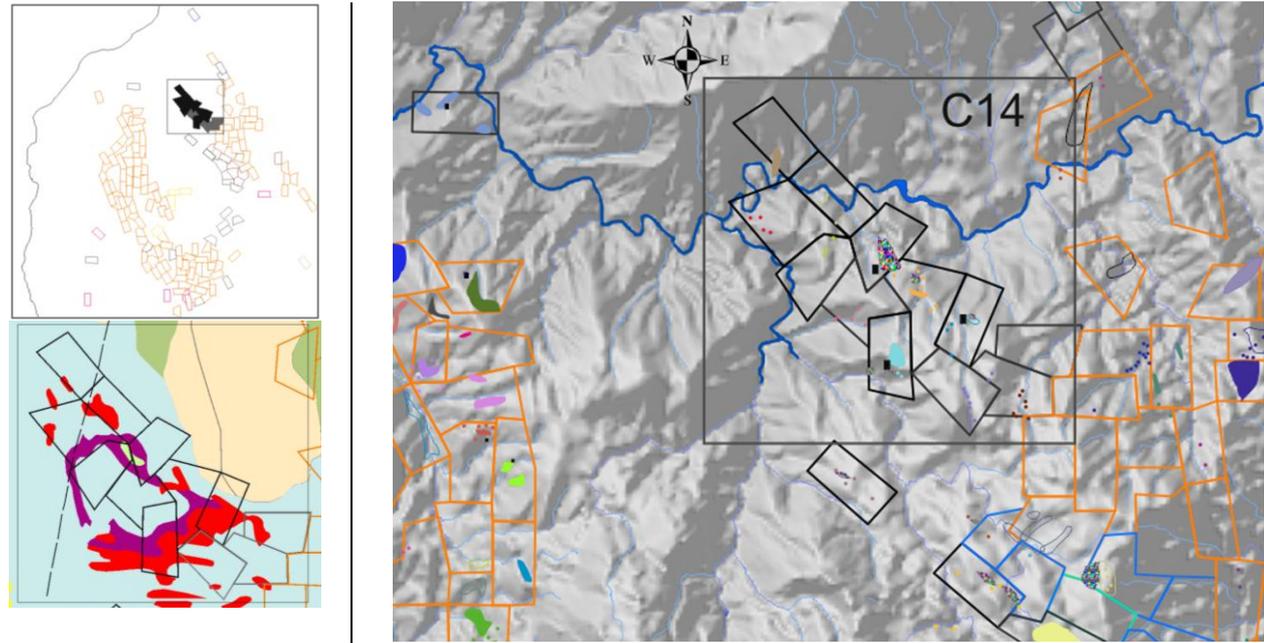


Figura IV.77. Localização do Campo Mineiro de Valdearcas - Domo de Covas. Base geológica (adaptada de Dias, 2012, legenda na Figura I.3); Modelo Digital do Terreno com a implantação dos trabalhos mineiros antigos (Legenda Figura IV.28).

Tabela IV.29. Síntese das concessões que integram o Campo Mineiro de Valdarcas, com as concessões que respeitam ao CM58 assinadas com <sup>CM</sup>.

ID	NOME*	SUBS	CONCELHO FREGUESIA	MIN-ALVO	Concessionários (Pedido de Concessão e/ou Transmissão)	Concessão INICIO FIM <sup>a</sup>
2944	Valdarcas <sup>CM</sup>	W	CNC - Covas	SCHE+W	Geomina (1952)	1954 1984 R
2947	Cerdeirinha <sup>CM</sup>	W	CMN - Arga de Baixo Arga de Cima	SCHE+VOLF	MINARGA (1954-59 pen.) Geomina (1970)	1954 1992 R
2976	Lapa Grande	W	CNC Covas	SCHE	GVFaria (1953) CVasconcelos (1967)	1955 1992 R
2995	Fervença <sup>CM</sup>	W		SCHE	Geomina (1954)	1955 1992 R
3007	Fraga <sup>CM</sup>	W		SCHE		1955 1992 R
3397	Cabeço do Meio-Dia <sup>CM</sup>	W Sn		SCHE+VOLF+CAS	GVFaria (1954) CVasconcelos (1968arr.)	1966 1992 R
3432	Lapa Grande n°2 <sup>CM</sup>	W Sn		SCHE+VOLF	Geomina (1957)	1971 1992 R
3433	Cabeço do Meio-Dia n°2	W Sn		VOLF+CAS		1971 1992 R
3434	Cerdeirinha n°2 <sup>CM</sup>	W Sn		VOLF+CAS		1971 1992 R
3435	Monte Furado <sup>CM</sup>	W		SCHE+VOLF	Geomina (1968)	1971 1968 A
3436	Telheira n°2 <sup>CM</sup>	W		SCHE+VOLF		1971 1992 R
3437	Costa do Lagido <sup>CM</sup>	W		SCHE+VOLF		1971 1992 R

\*Nome das antigas concessões mineiras; a **negrito** indicam-se as que possuíam oficina de preparação em edifício próprio.

<sup>a</sup>Ano de termo de concessão e situação actual: R) revogada; A) abandonada

Neste campo ocorrem, fundamentalmente, formações metassedimentares e quartzíticas metamorfizadas, dispostas em antifórma, pronunciando um domo pela primeira vez descrito, na década de 1970, em trabalhos de prospecção desenvolvidos pelos geólogos checos **Janecka e Starnad (Rocha Gomes, 1985a)**. As mineralizações tungstíferas estão associadas a níveis calcossilicatados, tipo *skarns*, sulfuretos maciços e óxidos de Fe mais ou menos circunscritos. O depósito estará relacionado com diversos episódios metalogénicos que promoveram, além de concentrações de W, também de Au. Abordam este depósito diversos Autores, como: **Rocha Gomes e Alvoeiro de Almeida (1971)**; **Rocha Gomes (1985a-d)**; **Bronkhorst e Farinha (1979)**; **João Farinha e Rodrigues (1987)**, **Bayer (1968)**; **Coelho (1990)** e, mais recentemente, **Dias e Leal Gomes (2010, 2011)** e **Dias (2012)**.

A sua morfologia, muito desmembrada, constrita ao domo e afectada pelas várias fases de deformação Varisca, mostrava-se de difícil abordagem extractiva. Também pela combinação de gangas densas e calcossilicatadas foi considerada de difícil tratamento. Estas seriam as razões pelas quais o depósito foi mantendo lavra activa, sob critérios técnicos e de investigação geológica.

As concessões que tiveram maior interesse económico foram Valdarcas, Cerdeirinha, Lapa Grande e Fervença, cujas ocorrências são descritas por **Bronkhorst e Farinha (1979)** e organizadas na **Tabela IV.30**. A mina de Lapa Grande suspendeu a sua produção na década de 1960, passando as restantes minas a integrar o CM58 (**Tabela IV.29**).

Nos últimos 10 anos de lavra, desde 1974, toda a produção era enviada à área de concessão de Valdarcas, onde funcionava uma lavaria mecânica, sede de tratamento.

Após tratamento, os resíduos de cada uma das secções de apuramento (flutuação, ustulação, hidrogravítica) eram depositados em escombrelas próximas dos respectivos sectores de tratamento. A concessionária – Geomina – vendeu os seus resíduos (com teores de 26,64% WO<sub>3</sub>, **Dossier 2944, O, 1961**) e, nos últimos anos antes da suspensão, reprocessava as escombrelas das décadas anteriores.

Tabela IV.30. Ocorrências mais importantes do depósito do Campo Mineiro de Valdarças (adaptado de Bronkhorst e Farinha, 1979)

CONCESSÃO	LOCALIZAÇÃO	MINERALIZAÇÃO	ACTIVIDADE EXTRACTIVA
Valdarças	No flanco NE do domo, sub-vertical.	Sulfuretos maciços com volframite e menos scheelite.	Bolsada trabalhada inicialmente a céu aberto, após 1964 e até 1984 foi explorada em mina subterrânea com 4 pisos.
Cerdeirinha	No flanco SE do domo, sub-horizontal.	Calcosilicatadas com scheelite e pequenas zonas de sulfuretos.	Explorada a céu aberto. Descobriu-se uma extensão do corpo de minério por sondagens efectuadas a SSE de uma galeria anterior a 1979.
Lapa Grande	No flanco NE do domo, na junção com o flanco SE sub-horizontal.	Semelhante à da Cerdeirinha.	Explorada, no passado, a céu aberto.
Fervença	No flanco NE do domo.	Calcosilicatadas com scheelite em pequenas bolsadas de sulfuretos maciços e volframite num "skarn" muito oxidado.	Explorada, antes de 1979, a céu aberto. Ao contrário das outras em que a mineralização está restrita ao "skarn" principal, aqui ocorre em três horizontes sobrepostos de "skarn".

A actividade extractiva do CMValdarças está tecnicamente bem documentada (*Dossier CM58*). As principais minas que o vieram a integrar - Valdarças e Cerdeirinha - e também a mina Lapa Grande já possuíam um extenso processo mineiro desde a fase de arranque, em meados de 50 do séc. XX, embora muito dificultada pelas reclamações populares aos empreendimentos concessionados e com elevado impacte das suas "lavarias-piloto" sobre os cursos de água e campos cultivados próximos.

Apresentam-se os planos das "lavarias-piloto" das duas minas Lapa Grande e Cerdeirinha que lavraram antes da constituição do couto mineiro (*Figura IV.78 e Figura IV.79*).

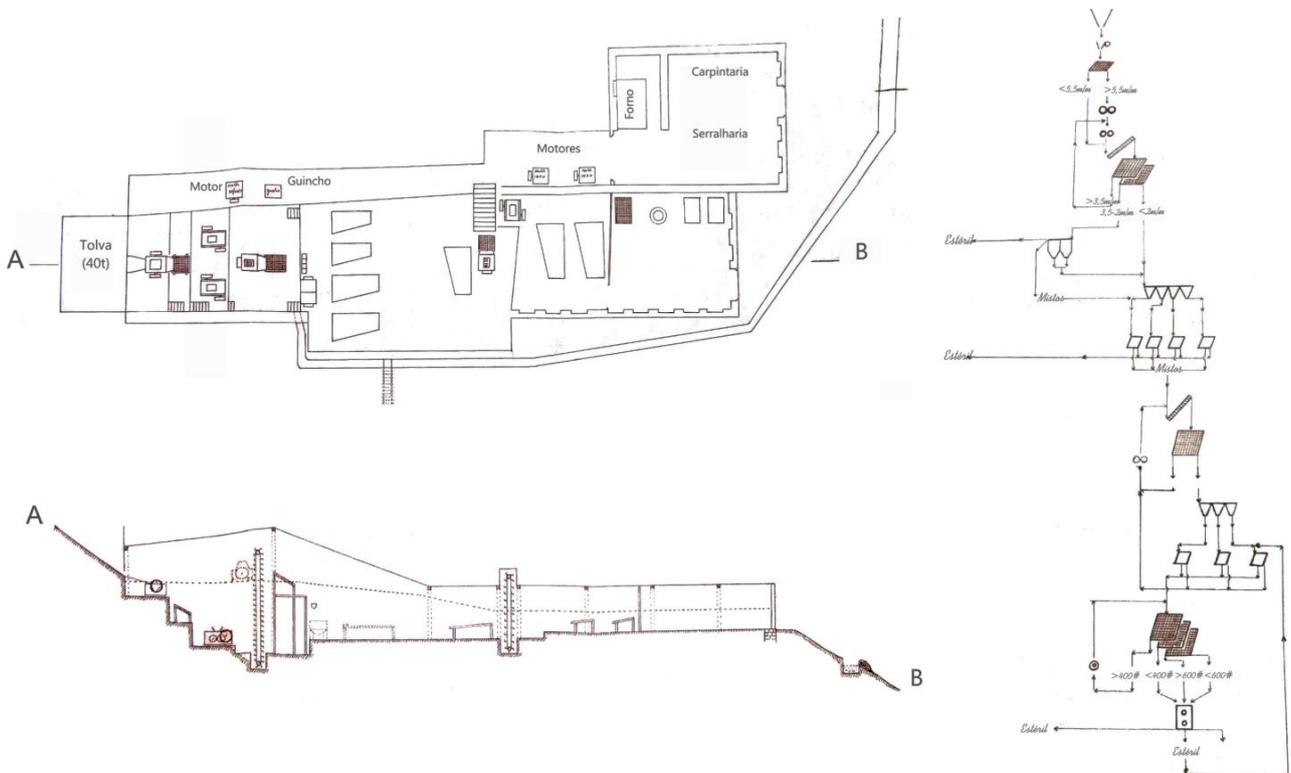


Figura IV.78. Planta, corte e diagrama da "Lavaria-piloto" da Lapa Grande, sob administração de Gaudêncio, Valente & Faria (*Dossier 2976, PL, 1955*).

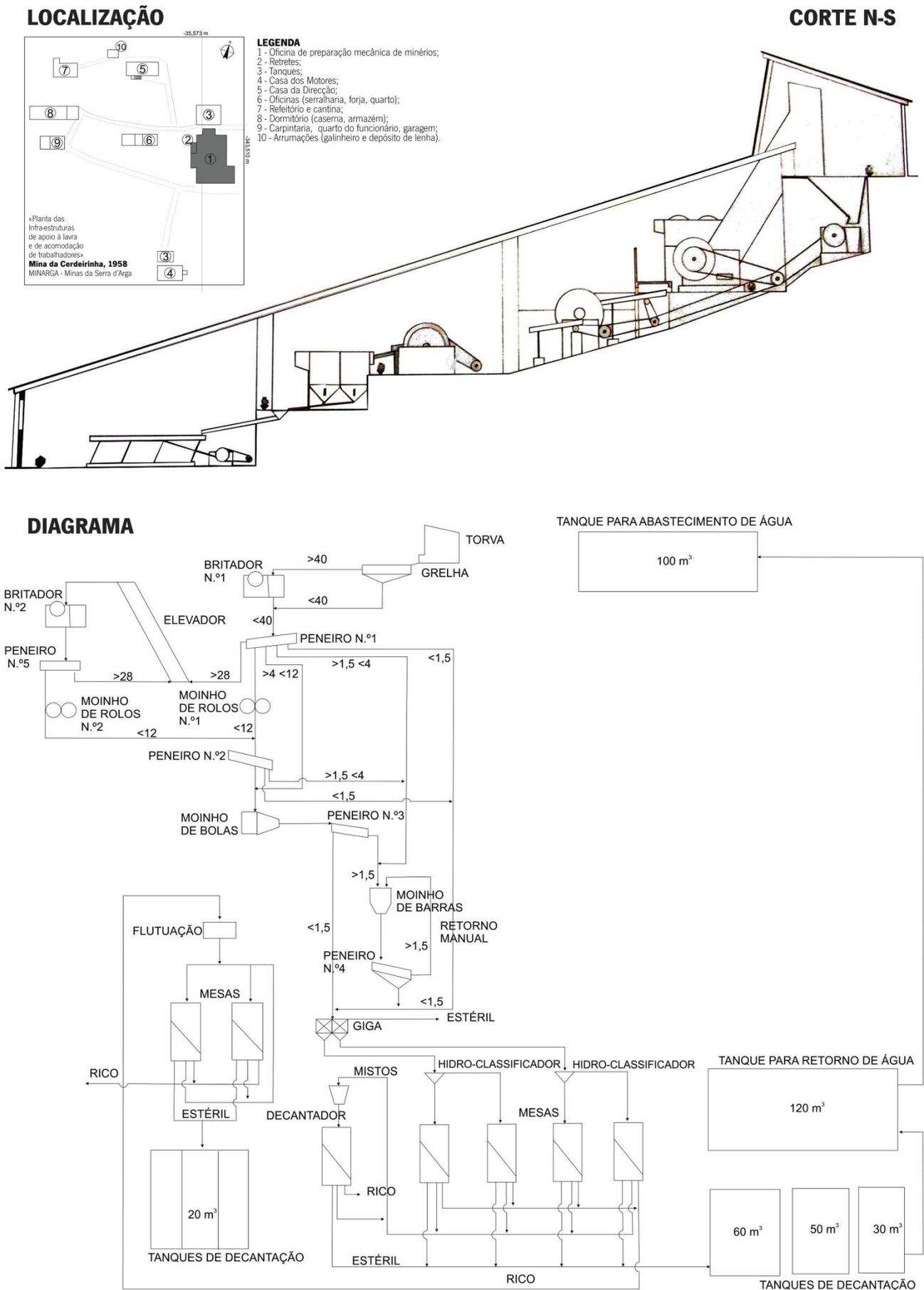


Figura IV.79. Localização, Corte N-S e diagrama da “Lavaria-Piloto” da mina da Cerdeirinha, sob a administração de MINARGA, Minas da Serra d’Arga (*Dossier 2947, PL, 1958*). No diagrama a indicação das diferentes granulometrias conseguidas nas operações de fragmentação reportam-se à unidade mm.

A partir dos Relatórios de Trabalhos Realizados e plantas de avanço dos trabalhos subterrâneos (Valdarcas) e a céu aberto (Cerdeirinha e Fervença), foi possível obter informações relativas à produção declarada do CM, nomeadamente sobre os concentrados não apurados e concentrados de cada uma das fases (ferberite e scheelite) e o teor médio de produção (Tabela IV.30 e Figura IV.80).

Foi ainda possível sistematizar alguns acontecimentos relativos ao funcionamento mineiro para as minas mais importantes do CM (Valdarcas, Cerdeirinha, Fervença): avanço do desmonte, apetrechamento, funcionamento da lavaria, associação da escombreira à actividade produtiva e factores socioeconómicos que afectaram o funcionamento da mina (detalhados nos IV.17, 18, 23 e 25 ANEXOS).

Tabela IV.31. Valores declarados de produção do CMValdarcas (*DossierCM58, RTR, 1964-84*).

Ano	Minério em Bruto (t)	Concentrados		Concentrados Totais (Kg)	Teor médio declarado (Kg/t)	Teor médio calculado (Kg/t)	Razão $WO_3/CaWO_3$ Calculada
		EeWO <sub>4</sub> (Kg)	CaWO <sub>3</sub> (Kg)				
1964	-	-	-	-	-	-	-
1965	7.100	34.630	720	35.350	-	5	4,8
1966	-	-	-	-	-	-	-
1969	10.141	65.239	16.736	81.975	-	8,1	3,9
1970	-	-	-	-	-	-	-
1971	6.005 (1)	6.015 (2)	30.559 (3)	36.574	3 (4)	-	-
1972	-	-	-	-	-	-	-
1973	-	-	-	-	-	-	-
1975	17.690	9.741	22.042	31.783	1,8	1,8	0,4
1977	18.575	22.930	4.745	27.675	1,5	1,5	4,8
1978	13.700	19.670	2.485	22.155	1,6	1,6	7,9
1979	21.333	28.639	7.202	35.841	1,7	1,7	4
1980	-	16.420	26.050	42.470	-	-	0,6
1981	12.500	11.030	18.290	29.320	-	2,3	0,6
1982	12.900	5.070	9.690	14.760	-	1,1	0,5
1983	11.800	3.530	11.400	14.930	-	1,3	0,3
1984	13.400	10.900	3.800	14.700	-	1,1	2,8

SIMBOLOGIA: (1) Peso total do minério bruto extraído da mina da Cerdeirinha no ano de arranque da lavra a céu aberto; (2) Peso dos concentrados da Cerdeirinha (ensaio de tratamento de minério em bruto); (3) Peso dos concentrados de Valdarcas; (4) Teor médio do minério de Valdarcas; - sem registos.

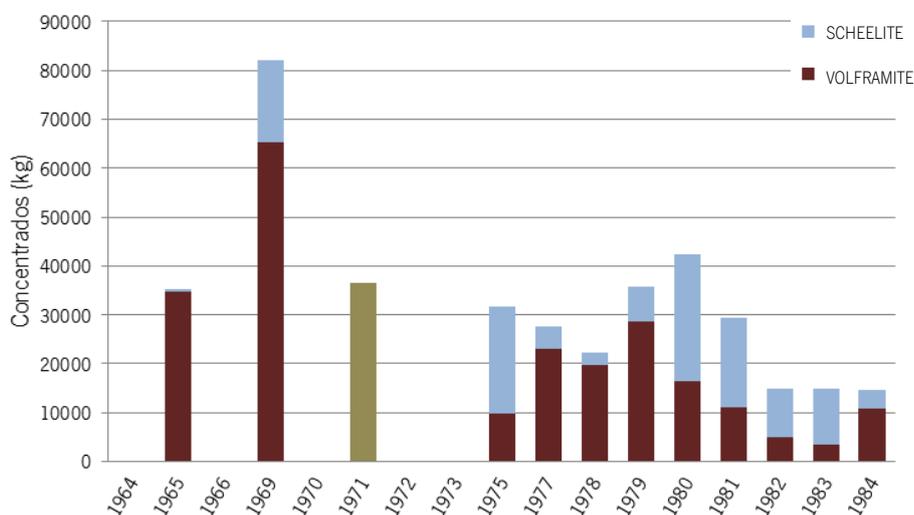


Figura IV.80. Produção Anual de Concentrados de scheelite e volframite, período 1964-1984. Nota: no ano de 1971 não se apresentam discriminadamente as percentagens atribuídas a cada fase mineral (*DossierCM58, RTR 1964-1984*).

Contrariamente aos restantes campos mineiros, aqui, a exploração subsistiu nos anos de crise do mercado internacional (1958, 1962, 1981). Pelo detalhe da informação técnica presente no *Dossier CM58*, foi possível destacar os aspectos essenciais do funcionamento mineiro deste campo, que a seguir se apresentam nos seus traços fundamentais (V ANEXO).

#### a) Acções de prospecção de apoio à produção

Nos períodos de elevada produção da mina de Valdarcas verificou-se o desenvolvimento de operações de prospecção tácticas e pontuais. Após a crise do final da década de 1950, início de 1960, tem início um programa de sondagens executado pelo SFM. Os resultados permitiram a definição de um corpo mineralizado no 3º piso. Também na área de Fervença, mediante prospecção geofísica - pelo método magnético -, se detectaram massas de pirrotite mineralizadas por W, extraídas depois a céu-aberto.

A prospecção no CMValdarcas foi apoiada pela empresa americana *Union Carbide*. Esta dirigiu programas de cartografia geológica, colheita de sedimentos de corrente, amostragem em afloramentos de *skarn*. Os resultados da *Union Carbide* constituíram indicações importantes para a coordenação dos trabalhos de exploração da empresa concessionária - Geomina, concretamente na elaboração de uma nova traçagem e planificação da exploração (*Dossier CM58, RTR, 1980*). A interpretação geológica subjacente ao novo plano motivou o pedido de concessão de novas áreas de pesquisa contíguas às que já detinha aquela empresa.

#### b) Ampliação da lavaria

Com os lucros dos produtos de lavagem dos rejeitos das escombrelas, no ano de 1964, conseguiu-se apetrechar e ampliar a lavaria, resultando num aumento da produção (num ano de actividade a lavaria processou cerca de 30ton de concentrados). A par dos trabalhos de desmonte, em 1969, investiu-se na duplicação da secção de moagem, em paralelo com os circuitos já existentes, e aumentou-se a capacidade de lavagem e concentração hidrogravítica.

Em 1970, a lavaria foi novamente ampliada com mais duas unidades de concentração, equivalentes às que já possuía. O aumento da capacidade de armazenamento e alimentação da lavaria passou a possibilitar o processamento de 50ton de *tout-venant*/dia, com produção aproximada de 65kg de concentrados/dia (*Dossier W: CMNorte, 1986*). Procedeu-se também à optimização da rolagem com uma nova entrada da lavaria e instalou-se uma secção de pré-apuramento. Ainda nos anos 70, foi instalada mais uma linha de tratamento destinada a tratar o minério da mina da Cerdeirinha. Os ensaios de concentração inicial deram bons resultados para o minério de Valdarcas e maus resultados para o minério da Cerdeirinha. A fragmentação não era adequada para a Cerdeirinha, reduzindo muito a granulometria ao minério, dado que as gangas desta jazida apresentavam menor dureza. Isto levou a alterar a britagem, introduzindo moinhos de barras.

Nos anos 80, os relatórios consultados referem-se à limitação dos processos de concentração hidrogravítica tradicionais e à insuficiente recuperação da scheelite, sempre inferior a 20%. A importância e valor dos acumulados residuais da lavaria foi reconhecida e, por isso, estes resíduos foram novamente sujeitos a beneficiações.

### c) Escombreira e sustentabilidade da exploração

As escombreiras incluíam estéreis provenientes das diferentes secções de tratamento. No **Relatório de Trabalhos Realizados (1965)** refere-se a lavagem do material de escombreira em momento de crise no escoamento de minérios de W, apontando-se a mesma como uma tarefa menos onerosa que possibilitaria a manutenção da lavra.

Nos últimos meses de 1979, procedeu-se à relavagem da escombreira de estéreis de ustulados e lixiviados. Estas operações traduziram-se em quantidades elevadas de scheelite (**Figura IV.80**) produzidas no ano de 1980 e provenientes de estéreis relativos a “algumas dezenas de anos de exploração” (Dossier **CM 58, RTR, 1980**).

O tratamento de estéreis prosseguiu e foi declarado como lavra a céu aberto da mina de Valdearcas. Incrementou os valores de scheelite na produção, chegando à proporção média de 1:2 (VOLF: SCH).

A baixa das cotações dos minérios de W em 1982 - “alarmante e preocupante” (Dossier **CM 58, RTR, 1983**) - fez com que a produção fosse apontada como marginal desde 1981. A exploração seria considerada, desde então, como não rentável. Neste contexto, só o tratamento de escombreiras, nomeadamente o da oficina de apuramento de Valdearcas, causava menos prejuízo à concessionária. Aquando do esgotamento daquela escombreira, indicado em 1983, a razão VOLF: SCH estava a 1:3

No **RTR (1984)** é ainda referida uma amostragem das escombreiras para avaliar o possível aproveitamento de subprodutos, como seria o caso das apatites, indicando-se um possível fabrico de adubos para futuro relançamento da lavra mineira. Os resultados apresentados foram de 2,7 %  $P_2O_5$ .

### d) Contexto socioeconómico na altura do enceramento

No relatório correspondente ao último ano de produção, 1984, declaravam-se “condições de exploração vincadamente antieconómicas, desde o ano de 1981”. A concessionária do CM manteve a lavra apenas através da lavagem de escombreiras, situação que se verificou durante os últimos 6 anos de actividade produtiva.

Segundo o **RTR (1984)**, as condições socioeconómicas da primeira metade da década de 1980 (**Figura IV. 81**) afectaram toda a actividade mineira nacional, dedicada ao W, impossibilitando uma exploração económica rentável.

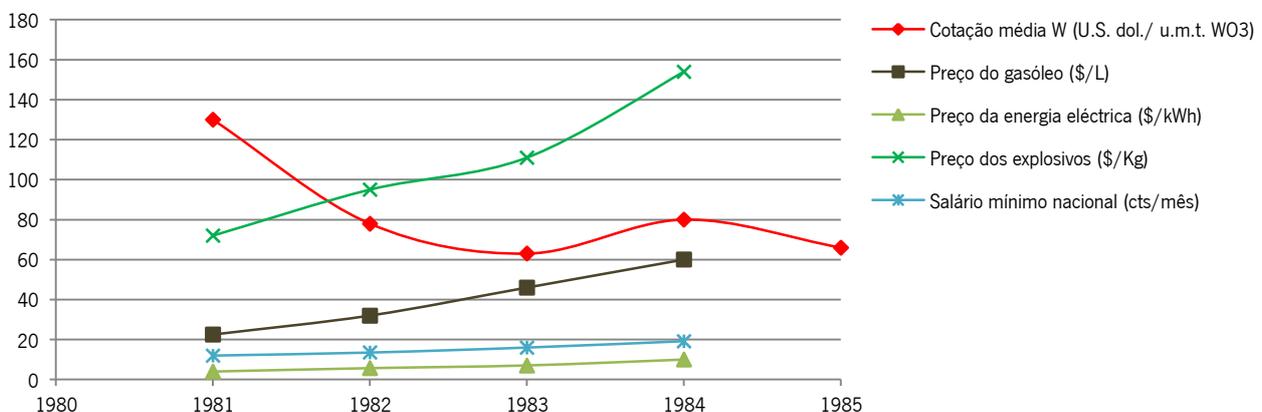


Figura IV. 81. Dados socioeconómicos nacionais que condicionaram o funcionamento mineiro (*Dossier CM58, RTR, 1984*).

No **RTR (1984)** foi apresentado um “*Plano para o arranque da exploração*”, que pode ser entendido como uma instrução da retoma da actividade extractiva. O plano incluía:

- a) conservação dos trabalhos mineiros e das instalações mineiras, com um quadro mínimo de pessoal;
- b) estudo do depósito e do minério, tendo em vista o melhor rendimento na exploração e na recuperação de minérios, nomeadamente a scheelite por flutuação;
- c) aproveitamento simultâneo de subprodutos, tais como fosfatos, para aditivos agrícolas.

O cenário nacional de encerramento mineiro foi compulsivo: primeiro as empresas mineiras estrangeiras, depois as nacionais, que só o retardaram o fecho por obstrução das leis laborais vigentes (**Dossier CM58, RTR, 1984**).

Passadas mais de três décadas após a suspensão de lavra, a área mineira de Valdarcas apresenta um cenário de abandono, com degradação a vários níveis: contaminação de recursos hídricos, irregularidade e instabilidade topográfica, degradação paisagística, risco geotécnico elevado, improdutividade de solos e, em termos gerais, perturbação do biota.

A área de maior impacte ambiental e o principal curso de água afectado foram caracterizados por **Valente (2004)**. Dessa caracterização decorreu um modelo de qualificação da drenagem e do impacte ambiental, admitindo condições de reabilitação natural do equilíbrio mineroquímico da escombreira, relativamente às condições supergénicas.

A escombreira principal foi constituída, publicamente, como objecto de intervenção da EDM, no quadro legal específico do DL n.º 198-A/2001, com um plano das actividades designado por “Projecto de Recuperação Ambiental da Área Mineira de Covas” (**EDM, 2006**).

Actualmente, este campo mineiro está incluído numa área de prospecção e pesquisa, com trabalhos em curso ao nível da geofísica, geoquímica e sondagem, e com resultados publicados em **AVRUPA (2011)** e **BLACKHEATH (2012)**.

#### IV.3.15. Síntese discriminante do funcionamento passado dos Campos Mineiros de RMArga

A apresentação detalhada de alguns dados relativos ao funcionamento mineiro converge numa síntese (**Tabela IV.32**), onde se registaram aspectos que determinaram o funcionamento dos campos, quer de forma extrínseca à actividade mineira (tipo de depósito, relevo), quer de forma intrínseca (ano de concessão, substâncias concessionadas, métodos de exploração, tratamento, produção), assim como vestígios que persistem.

Tabela IV.32. Síntese de alguns dos aspectos discriminantes do funcionamento mineiro passado nos Campos Mineiros da RMArga.

	ANO	SUBSTÂNCIA(S)	TIPO	RELEVO	ACESSO	DESMONTE	TRATAMENTO	PRODUÇÃO	VESTÍGIOS
C1	1926	Sn(As,W)	F≡P	Emd	G,P	di	3R	0,56% (1954, Serra de Covas1)	*
C2	1946	Sn	F≡P	Emd	P,G	di	3R	0,03% (1952, Ribeiro de Áspera)	+
C3	1937	Sn	F>P	Cum	P,G	th, di	1M,3R	55,23% (1940, Monteiro)	++
C4	1946	Sn(W), Nb-Ta	F>>P	Emd	P,G	th, di, dd	4R	11,56% (1951, Regueira da Sobreira)	+++
C5	1927	Sn, Nb-Ta	P>>F	Pa	P	m	1R	26,32% (1937, Junqueiro)	+
C6	1913	W (Sn, Au)	F > P	Pa, Epd	G	di	3R	18,48% (1937, Ribeiro Salgueiro)	++
C7	1918	W (Sn, Au)	F > P	Emd, Ve	G	di	3R	30% (1950, Gondamieiro)	++
C8	(1876) 1913	Sn, W (Nb-Ta, Au)	P>F>>E	Va	P	ca, th, m	1M, 6R	53,98% (1949, Mata de Vila Mou)	+++
C9	1922	Sn (W, Au)	F>P	Emd - Pa	G	m	1M, 4R	50,19% (1936, Agueira n.º10)	*
C10	1917	Sn (W)	F>P	Ve, Emd, Cum	G	di	2R	<10% (1957, Costas das Minas)	-
C11	1939	Sn, Au(W)	P>F	Ve, Va, Epd	G, P	di, m	1M, 2R?	21,38% (1939, Traz Âncora)	x
C12	1921	Sn (W, Au)	F≡P	Ve - Epd	G, P	m	1M?	100% (1930 e 1933, Gondar2)	x
C13	1920	Sn, W	F>P	Epd, Va	P	m	1M?, 7R	100% (1931, Real)	+++
C14	1954	W (Au)	E	Epd	G	m, ca	3M	52,62% (1956, Valdarcas)	+++

**ANO** – relativo à primeira concessão atribuída no campo mineiro

**SUBSTÂNCIA(S)** – substâncias concessionadas (substâncias exploradas subsidiariamente)

**TIPO** – tipo/morfologia de depósitos presentes e sua importância relativa nas actividades mineiras: *placers* (P), filões (F), estratiforme (E), com base nas informações técnicas do *dossier* mineiro.

**RELEVO** – discriminação de aspectos geomorfológicos com base no modelo digital de terreno,: vale encaixado (Ve); Vale aberto (Va); Planalto (Pa); Encosta muito declivosa (Emd); Encosta pouco declivosa (Epd), cumeadas (Cum).

**EXPLORAÇÃO** – métodos aplicados sob os depósitos primários, com base nas plantas e projectos do *dossier* mineiro:

ACESSO - galeria em flanco de encosta (G), poço mestre (P);

DESMONTE - céu-aberto (ca), degraus invertidos (di), degraus direitos (dd), talhadas horizontais (th), mistos (m);

**TRATAMENTO** - número de oficinas mecanizadas com emprego de energia eléctrica (n M) em alguns campos o uso de energia eléctrica é duvidoso, indicando-se (?), número de oficinas rudimentares (n R), com base nas plantas e projectos constantes no *dossier* mineiro

**PRODUÇÃO** - valor máximo percentual (ano, concessão que o atingiu) relativo à produção total na RMArga no período de 1930 - 1957, sem discriminação de substâncias e com base nos mapas de tributação anual, especificamente no imposto proporcional, publicados em DG.

**VESTÍGIOS** - com base no mapa dos vestígios do funcionamento mineiro passado e no seu reconhecimento no terreno: reconhecimento funcional de escavações, oficinas e maquinaria (+++); reconhecimento funcional de escavações de desmonte (++); reconhecimento funcional de escavações de acesso (\*); ruínas sem reconhecimento funcional (-); não reconhecido (x); duvidoso (?).

#### IV. 4. DISPERSÃO GEOGRÁFICA E PROJEÇÃO DE DEPÓSITOS FILONIANOS

A organização dos depósitos em campos mineiros e, do ponto de vista geológico, a sua disposição em faixas mineiras facilita a apresentação dos elementos estruturais, característicos dos depósitos explorados, a diversidade dos terrenos encaixantes e a configuração da rede de lineamentos estruturais condicionadores da implantação e evolução dos depósitos. Estes elementos são extraídos da bibliografia relativa ao campo filoniano da Serra d'Arga que procura explicar a génese e distribuição de concentrações metálicas exploradas. Em alguns casos esta informação foi ajustada e modificada em função das observações emanadas do presente estudo.

No acervo documental mineiro consultado, os depósitos explorados vinham ilustrados em “mapas de demarcação de perímetro de exploração”. Estes mapas mineiros, à escala 1/1000, constituíram as bases de informação para a localização e caracterização dos depósitos minerais explorados em cada área de concessão.

Na sua maioria, os depósitos da RMArga eram corpos filonianos, representados em direcção e extensão aflorante, sobre os quais se indicavam os trabalhos de pesquisa e/ou extracção desenvolvidos. Complementarmente, nas memórias descritivas dos pedidos de concessão, constavam as referências detalhadas de atitude, possança e, em alguns casos, a mineralogia acessória, textura e paragénese das mineralizações. A relação destes dados documentais com os trabalhos científicos produzidos recentemente sobre concentrações metálicas e suportes litológicos será o objecto deste subcapítulo.

Na descrição de faixas mineiras reconhecem-se relações entre depósitos filonianos explorados e os modelos de instalação e evolução de corpos pegmatíticos dependentes de eventos Variscos, segundo a proposta de **Leal Gomes (1986, 1994)** e compreendendo a importância e influência da remobilização de um *stock* metálico protolítico de génese vulcanossedimentar a exalativa (**Dias, 2012**).

##### IV. 4.1. DEPÓSITOS MINERAIS E O CAMPO APLITO-PEGMATÍTICO

A actividade mineira concessionada na RMArga incidiu, na sua grande maioria, em depósitos circunscritos ao “campo aplito-pegmatítico d'Arga”, proposto por **Leal Gomes (1986)**. Os corpos que constituem o campo pegmatítico podem ser considerados como produtos litológicos do sistema residual granítico d'Arga, cuja formação abrange os estádios: magmático, pegmatítico e metassomático.

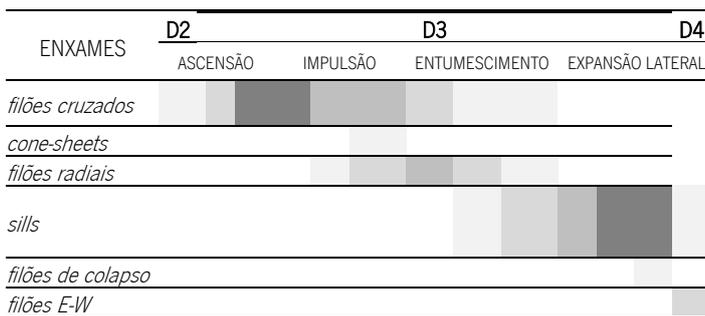
Este campo, pela sua diversidade estrutural e composicional, foi considerado representativo da Província Pegmatítica Varisca do NW Peninsular e da Cintura Pegmatóide, arqueada em conformidade com o Arco Ibero Armoricano (**Leal Gomes, 1986**). As idades de referência consideradas para os granitos parentais mais próximos foram 333MA para o maciço de Santo Ovídeo e 305MA para o maciço de Arga (**Dias, 1987**).

O maciço d'Arga é composto por um granito de duas micas, com carácter porfiróide localizado. Tem um afloramento elíptico, com eixo maior segundo o azimute NW-SE. A sua forma aparente é diapírica, com elevada maturidade, e a instalação ocorre em período compressivo, atribuído à 3ª fase da orogenia Varisca (D3) (**Ferreira, 1987**). A evolução entre a deformação regional e o diapirismo promoveu uma sequenciação temporal das emissões magmáticas e

pegmatíticas ocasionando diferentes gerações pegmatóides e a sua distribuição não homogênea por diferentes sectores no campo. A instalação dos corpos é sintectónica relativamente a D3, intra-vestafeliana (Noronha *et al.*, 1979).

Os corpos gerados são essencialmente exo-graníticos, filonianos, com disposição aureolar em torno do maciço. Compreendem fácies pegmatíticas, aplíticas e aplito-pegmatíticas, por vezes muito deformadas e metamorfizadas.

Considerando as relações entre as etapas de colocação do granito de Arga e as fases de deformação Varisca foi estabelecida uma cronologia relativa de colocação dos aplito-pegmatitos do campo d’Arga organizados em enxames ou gerações filonianas. Estes correspondem a conjuntos de pegmatitos com afinidade paragenética e estrutural e continuidade espacial (Leal Gomes, 1986).



**Figura IV. 82.** Relações de colocação dos aplito-pegmatitos ao longo das 4 etapas de evolução diapírica do plutonito de Arga, adaptado de Leal Gomes (1986). O sombreado indica o período de instalação preferencial para dado enxame, com gradação das cores mais escuras nos momentos de ocorrência mais expressiva de cada tipo de enxame. A espessura dos enxames considerados sugere uma predominância relativa.

A cronologia relativa de colocação dos aplito-pegmatitos, esquematizada na **Figura IV.**, acompanha as etapas propostas para a instalação do granito d’Arga: I) Ascensão; II) Impulsão; III) Entumescimento; IV) Expansão Lateral, em que se distingue a predominância dos diferentes enxames (*filões cruzados*, “*cone-sheets*”, *filões radiais*, “*sills*”, *filões de colapso* e *filões E-W*). As etapas são escalonadas pelas fases de deformação Varisca em D2, D3 e D4.

Aos eventos de deformação correspondem as superfícies:

- S2 dobrada e crenulada em D3 - expressa em zonas de sombra entre maciços graníticos - esta superfície é tendencialmente sub-horizontal a pouco inclinada;
- S3 por transposição S2 → S3 - expressa em zonas de flanco relativamente ao maciço d’Arga - esta superfície é essencialmente sub-vertical.

Com base na proposta de Leal Gomes (1994), a distribuição das superfícies de deformação nos terrenos metassedimentares encaixantes dos depósitos da RMArga está sintetizada na **Figura IV.** .

Os dados estruturais dos corpos filonianos explorados, direcção e inclinação, foram projectados em estereogramas (*software Stereonet*, versão 7, Allmendinger, 2011) e os digramas com os planos dos filões foram implantados sobre as áreas de concessão correspondente (**Figura IV.** ). No caso de concessões que exploraram mais que um corpo estes são reunidos no mesmo diagrama.

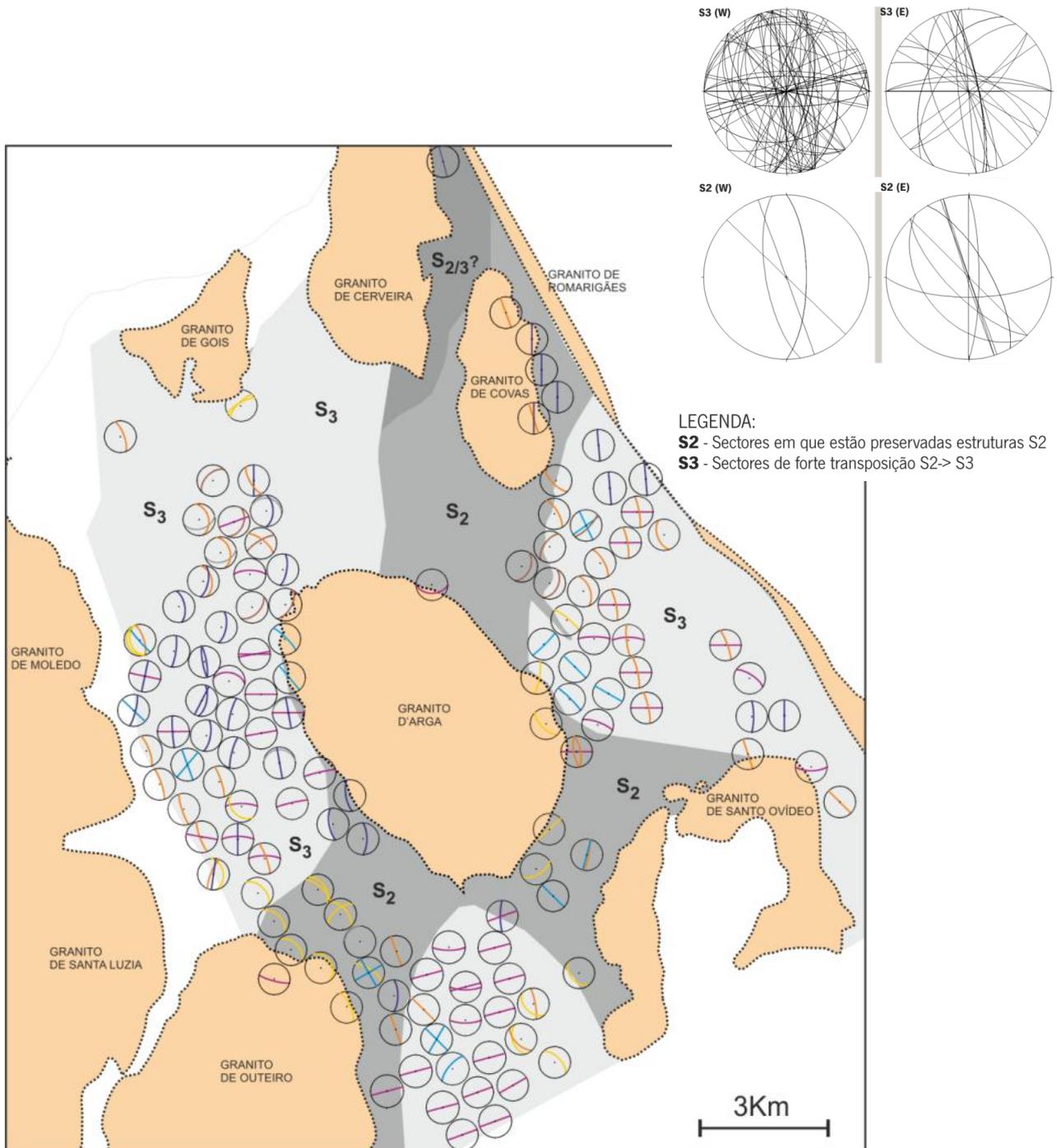
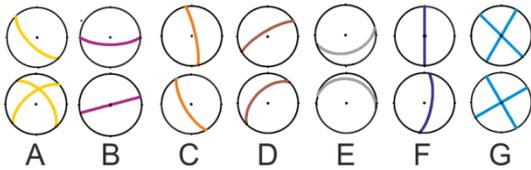


Figura IV. 83. Distribuição de ocorrências filonianas por sectores discriminados pela intensidade de transposição S2 - S3 (adaptado de Leal Gomes, 1994).

As cores usadas correspondem ao tipo de depósito indicado explicitamente ou deduzido a partir das informações técnicas complementares das concessionárias proponentes. Genericamente, convencionou-se a cor amarela para filões de quartzo, restantes cores corresponderiam a pegmatóides e pegmatitos propriamente ditos, com atitudes e possanças representadas na Figura IV. 84.

Os **filões de quartzo**, mineralizados por volframite e ouro, correspondem às projecções:



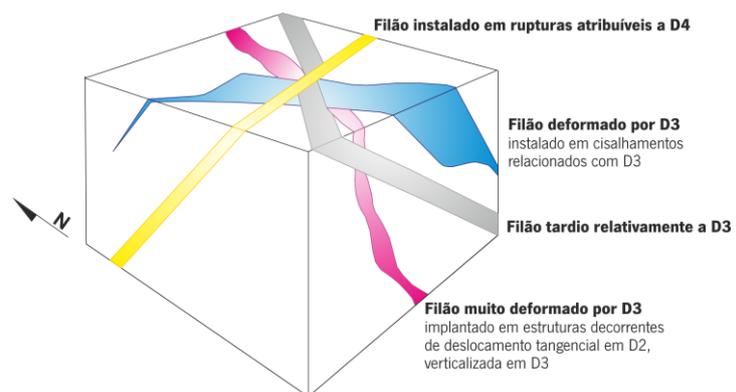
**Figura IV. 84.** Cortejo de atitudes atribuídas aos depósitos filonianos da RMArga: **A / G** - filões de quartzo; **B, C, D, E, F** - filões aplito-pegmatíticos com diferentes possanças - projecção da atitude média no hemisfério inferior.

**A** (filões de Qz) - N10-20°W (ou E), sub-vertical (0,2-0,5m) e eventualmente **G** (veios ou filões com direcções conjugadas) - N45°E, N20-30°W, vertical (0,1-0,4). Os filões **aplito-pegmatíticos**, mineralizados por cassiterite e niobiotantalatos incluem as projecções: **B** - N70°E (E-W), sub-vertical (2-6m); **C** - N10-30°(W ou E), sub-vertical (3-18m); **D** - N25-35°E, 50°NW a sub-vertical (1-2m); **E** - N60-75°W, 70°E a sub-horizontal (1-2m); **F** - N-S, vertical (0,3-1m);

Os termos apresentados de A a G são respeitantes a filões explorados nas seguintes concessões : **A** - Cavalinho e Folgadoiro; **B** - Cabanas e Vila Mou; **C** - Monteiro e Cruz da Facha; **D** - Vale do Azado (Dem) e Vale Grande (Dr. Gavinha); **E** - Real e Fonte do Cuco; **F** - Serra de Covas e Gondar; **G** - Ínsua n.º1 e Campo da Corte.

Os agrupamentos foram estabelecidos atendendo à semelhança das atitudes e possanças, além da mineralogia dos enchimentos. A sistemática dos estereogramas filonianos apoiou o reconhecimento de sectores com diferentes intensidades de deformação, segundo a compartimentação proposta em **Leal Gomes (1994)**.

A atitude e disposição dos corpos filonianos não tem uma tendência comum no que diz respeito à ocorrência e distribuição cartográfica pelos sectores com superfícies de deformação discriminantes. As relações de intrusão mostradas no modelo tridimensional foram obtidas a partir dos diagramas de S3 apresentados na **Figura IV. .**



**Figura IV. 85.** Relações geométricas entre os tipos principais de pegmatitos no que respeita à sua cronologia de implantação relativamente à evolução do orógeno Varisco.

A distribuição cartográfica dos diferentes grupos de filões explorados sugere uma associação megaescalar aos lineamentos propostos com por **Leal Gomes (1994)** como estruturantes do campo aplito-pegmatítico d'Arga.

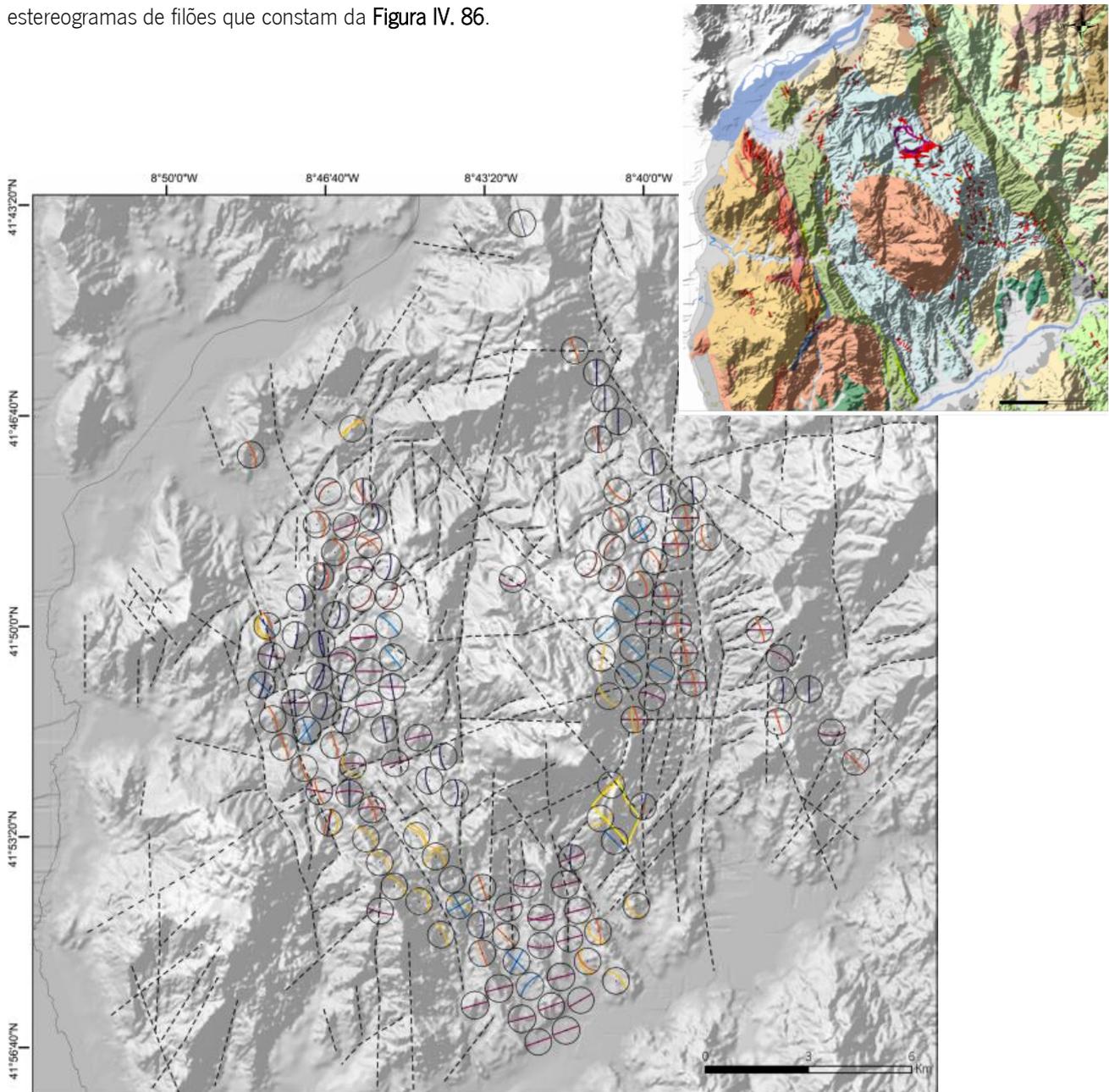
As principais estruturas de cisalhamento a que se associam os filões projectados na **Figura IV. .**, poderão ser:

**F, C e B** associados ao **granito lineamentar de Romarigães** instalado no acidente Vigo-Régua com evidências de cisalhamento polifásico e fácies milonitizadas (**Pereira et al., 1989**);

- F** associado a **lineamentos N-S** com desligamentos direitos, os quais refractam as superfícies S2 e os corredores com aplitopegmatitos NW-SE desde o Picoto do Carvalho ao Formigoso; **Leal Gomes (1994)** refere a presença de brechas de falha e de esmagamento com cimento quartzoso mineralizado, definidas em todas as formações competentes; a componente horizontal dextrógira das respectivas falhas N-S é muito forte, com rejeitos decamétricos no granito lineamentar de Romarigães; os lineamentos e superfícies de cisalhamento simples, com a direcção N10-50°W, são compatíveis com a transcorrência regional sinestrógira tardi-D3 em regime dúctil-frágil; rupturas localizadas, com a mesma atitude, veiculam fluidos promotores de turmalinização exo-pegmatóide e greisenização endo-pegmatóide (metassomatismo complementar); os contactos dos aplito-pegmatitos com o encaixante podem apresentar-se preenchidos por veios de quartzo mineralizados, correspondentes àqueles fluidos; a direcção N-S é menos penetrativa, menos frequente e mais localizada ao nível do campo e estabelecida em regime frágil;
- C e B** associados aos **corredores Picoto do Carvalho - Formigoso e Dem - Pedrulhos**, de cisalhamento simples com componente horizontal esquerda, iniciados ainda em regime dúctil; os aplito-pegmatitos apresentam-se sub-paralelos a estes corredores, "*boudinados*" e deformados; os corredores estão limitados por falhas com componente de desligamento esquerdo, com enchimento essencialmente argiloso, em alguns casos quartzoso, sub-granulado; ocorrem ainda aplito-pegmatitos com veios dilatacionais de quartzo mineralizados, em rupturas extensivas associadas ao cisalhamento;
- A e G** associados ao **corredor de Mãos-Rib. da Fisga**, grosseiramente limitado por falhas, N20°-40°W/sub-verticais; apresenta feixes de veios de quartzo tungstíferos, sub-paralelos, de atitude aproximada, E-W/sub-verticais; encaixados em metassedimentos; os veios dilatacionais, poderão ter sido submetidos a "*telescoping*", em rupturas extensivas, pontualmente, os enchimentos dilatacionais podem ser aplito-pegmatíticos com porções de fácies sobremicáceas eventualmente litiníferas;
- A** associado ao **lineamento Argas-Cerquido**, zona típica de cisalhamento polifásico, iniciada como uma estrutura "*conesheet*" preenchida por aplito-pegmatito, posteriormente reactivada; os aplito-pegmatitos apresentam veios de quartzo dilatacionais e transversais, e estão localmente milonizados; pontualmente o lineamento atravessa formações competentes quartzíticas e quartzofílicas brechificadas com cimento quartzoso mineralizado; nas formações menos competentes, surgem veios quartzoso com estruturas "*crack seal*" bandadas, com diversas gerações quartzosas;
- A** associado ao **corredor e lineamento do Folgadoiro-Verdes**, onde as litologias afectadas por deformação se apresentam brechificadas e cimentados por quartzo;
- G** associado a **cisalhamentos frágeis-dúcteis de carácter regional**, estruturas (ou rupturas) não penetrativas, com direcções transversas a todas as anteriores, onde os aplito-pegmatitos estão deformados em dúctil; apresentam entre si um carácter conjugado: N70-90°E/sub-vertical (dextrógiro) e N20-50°E/sub-vertical (sinestrógiro).

## IV.4.2. FAIXAS MINEIRAS E COMPARTIMENTAÇÃO ESTRUTURAL E LITOLÓGICA DA RMArga

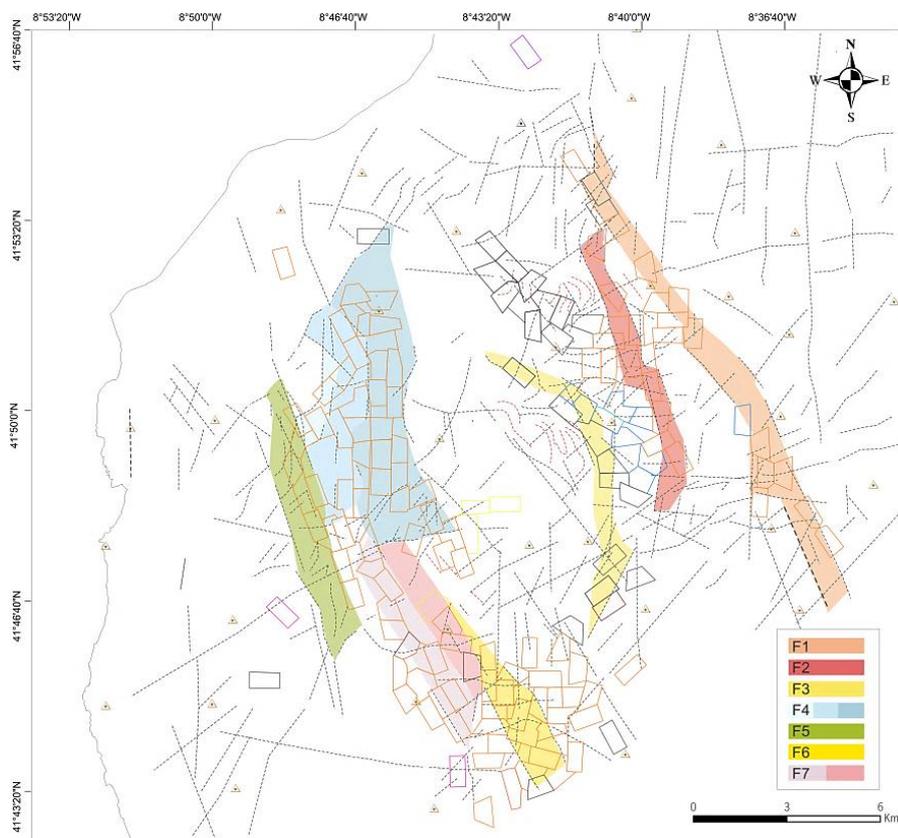
A organização em faixas mineiras, da maior parte dos depósitos explorados atendeu à sistemática dos estereogramas de filões que constam da **Figura IV. 86**.



**Figura IV. 86.** Implantação tridimensional dos estereogramas relativos a filões explorados sobre modelação tridimensional. Base geológica adaptada de **Dias (2012)**, legenda semelhante à **Figura I.3**.

Sobre o modelo digital de terreno foram representados a tracejado alguns alinhamentos estruturais. A cartografia geológica simplificada da Folha 1, na escala 1:200 000 foi adaptada de **Dias (2012)**. Recorreu-se ainda à cartografia geológica da Folha 1C, na escala 1:50 000, revista por **Leal Gomes *et al.* (2008)** e ainda à cartografia hidrográfica na escala 1:25 000 (INAG, IGeoE).

Individualizaram-se 7 faixas mineiras (Figura IV. 87), que a seguir se apresentam mencionando litologias encaixantes, estruturas principais e alguns aspectos geomorfológicos com maior importância na diferenciação da faixa.



**Figura IV. 87.** Distribuição das faixas mineiras propostas para a RMArga, associação aos lineamentos deduzidos da Implantação tridimensional dos estereograma de filões explorados.

LEGENDA:

- F1** - Serra de Covas-Lousado-Formigoso;
- F2** - Vilarinho-Cabração-Seixalvo;
- F3** - Argas-Cerquido-Santa Justa;
- F4** - Dem-Pedrulhos-Espantar;
- F5** - Costa das Minas-Azevedo-Paradela;
- F6** - Alto da Bouça da Breia- Folgadoiro-Campo da Corte;
- F7** - Amonde - "Verdes"- Corredouras.

#### IV.4.2.1. Faixa Serra de Covas-Lousado-Formigoso (F1)

Na proximidade da mega estrutura Vigo-Regua, descrita por **Pereira *et al.* (1989)**, ocorrem filões aplitepegmatíticos com azimutes N-S a N20°W, sub-verticais, que possuem pequenas possanças até 1m; mas paralelos às estruturas N-S que transectam o desligamento. Outros corpos aplite-pegmatíticos com orientação E-W e maiores possanças ocorrem no extremo S da faixa (**Tabela IV. 33**), já sobre influência do maciço granítico de Santo Ovídeo, na Serra de Antelas.

Entre as várias mineralizações (Sn, W, Nb, Ta, Li), a cassiterite e os minerais de Li têm maior expressão e ubiquidade.

**Tabela IV. 33.** Dados relativos a alguns depósitos aplite-pegmatíticos explorados na Faixa Serra de Covas-Lousado-Formigoso (F1), obtidos nos PL e RRM correspondentes. SIMBOLOGIA DO DEPÓSITO ALVO: aplito ( $\alpha$ ), aplite-pegmatito ( $\alpha\pi$ ), pegmatito ( $\pi$ ), greisen ou termo greisenizado (g), filão de quartzo (qz).

NÚMERO	NOME	SUB(S) - ALVO	CAMPOS	DIRECÇÃO	INCLINAÇÃO	POSSANÇA (m)	TEORES (Kg/t)	DEPÓSITO(S)- ALVO
2195	Serra de Covas	W, Sn	C1	N-S	Vertical	1		$\alpha\pi, \pi, qz$
2192	Serra do Lousado	Sn	C2	N10°W	80°E	1.5 - 2.5	5 (10*)	$\pi, qz$
3270	Sta. Cristina	Sn	C2	N20°W	55°W	1.5	2	$\alpha\pi, qz$
2339	Cabanas	Sn (W)	C4	E-W	70°S	1 - 6	3 (misto)	$\pi, \alpha\pi, qz$
3153	Monte do Formigoso n°2	Nb, Ta		N20°W	80°E	1	1	$\alpha, \alpha\pi$

No que respeita aos minerais acessórios dos pegmatitos estaníferos, **Cotelo Neiva (1954)** refere, pela primeira vez a ocorrência de granite, propondo a existência de uma variedade rica em Sn, com ocorrência-tipo em Ponte de Lima concretamente a mina de Cabanas, a qual designou de *limaité*.

**Leal Gomes (1994, 1995b) e Leal Gomes et al. (1995)** caracterizaram diversos tipos composicionais e cromáticos de granites. **Leal Gomes (1994)** associa estas espinelas a todas as gerações aplito-pegmatíticas da RMArga. A granite pode considera-se rara, e com grande importância para a interpretação petrogenética dos sistemas pegmatíticos. Nesta faixa expressa-se de forma disseminada, em fácies finas e em alguns veios de quartzo com andaluzite. **Leal Gomes et al. (1995)** referem a ocorrência do par paragenético granite-nigerite (a *limaité* seria uma mistura das duas fases) em paragénese com mineralizações de Sn, Nb, Ta e Li.

Em veios de segregação metamórfica com composição hiperaluminosa **Dias (2012)** reconheceu granites com composição tendencialmente mais ferrífera relativamente à que se encontra nos aplitopegmatitos. Nos locais-chave de Lousado, Sta. Cristina e Cabanas, esta fase é recorrente e surge associada a minerais típicos de metamorfismo - silimanite e andaluzite. Aí parece ainda existir uma afinidade preferencial com a lazulite-scorzalite e o crisoberilo.

Nesta faixa os niobiotantalatos tiveram interesse mineiro, com destaque para as concessões de Formigoso. Foram pela primeira descritos em **Cotelo Neiva (1944)**. Em **Leal Gomes (1991, 1994)** encontra-se uma caracterização detalhada. As mineralizações de Nb e Ta surgem em associação com a cassiterite, como fase mineral acessória, disseminada, sobretudo, em aplitos ricos em albite e, mais raramente, em estruturas pegmatíticas. **Dias (2012)** também reconheceu fases ricas em Nb-Ta e Sn em veios precoces sódico-potássicos com lazulite-scorzalite que ocorrem no troço intermédio desta faixa.

As paragénese litíferas, atribuídas aos aplitopegmatitos, foram descritas, pela primeira vez em **Leal Gomes e Nunes (1990)** e constituem, actualmente, alvo da actividade extractiva para produtos cerâmicos. Estão associadas a corpos *sill*. Incluem as fases: petalite, espodumena, (eucryptite), fosfatos da série ambligonite-montebasite, trifilite-litiofilite, zinwaldite, lepidolite, turmalinas da série elbaite-lidicoatite (de que se podem referir as variedades cromáticas verdelite, rubelite, indicolite e acroite) (**Leal Gomes, 1994**). Entre as variedades referidas algumas têm qualidade gemológica (**Leal Gomes, 2005**).

A presença de volframite, tomada como minério-alvo para o extremo mais a N (Chãos e Serra de Covas) e mais a S (Boavista, Cabanas) está associada a veios hidrotermais de quartzo, em que pode ocorrer também, Au + sulfuretos + sulfossais de Pb, Bi, Ag cortando os termos pegmatóides. Trata-se de mineralizações pós-pegmatóides simples, geralmente restritas a uma fase de deposição de Qz e alguns sulfuretos, com domínio da arsenopirite e pirite. Estes veios são dilatacionais, transversos, que preenchem fracturas distensivas, associadas a cisalhamento.

Os terrenos encaixantes a N estão delimitados por granitos sin-tectónico relativamente a D3: granito lineamentar de Romarigães (duas micas, grão médio a fino gnaissóide) e o granito de Covas E (duas micas, grão grosseiro). A S a faixa é limitada pelo granito de duas micas de Santo Ovídeo - *sin* tectónico, relativamente a D3. O encaixante é

metassedimentar, corresponde a terrenos poligénicos Silúricos da Unidade Minho Central, com litologias metapsamopelíticas - micaxistos com intercalações de xistos negros, quartzitos, quartzitos negros, liditos e turmalinitos (Leal Gomes *et al.*, 2008).

A W a faixa acompanha a bacia do Rio Estorãos desde a sua nascente. A SE delimita o troço jusante da Bacia do Rio Labruja, estes são afluentes do Rio Lima. Ambas as bacias têm redes de drenagem bem desenvolvidas nas suas encostas, com padrões paralelos, acolhendo depósitos aluvionares de espessuras que variam de 0,5 até 1,5m, com concentrações de minerais úteis.

#### IV.4.2.2. Faixa Vilarinho-Cabração-Seixalvo (F2)

A faixa é definida pelo corredor N-S de Monteiro, descrito por Leal Gomes (1994), no flanco E do maciço de Arga. Inclui depósitos possantes (6-18m) com orientações N10°W, instalados ao longo de estruturas de desligamento D3 que retomaram cavalgamentos de D2. Ocorrem também filões com direcções E-W verticais e veios de quartzo que cortam os corpos anteriores (Tabela IV. 34).

O depósito de Monteiro foi o mais importante, com vários aplito-pegmatitos mineralizados com cassiterite e nióbio-tantalatos. Estes corpos estão instalados em sectores distais relativamente ao maciço de Arga (Leal Gomes, 1994). Nas proximidades surgem estruturas de cisalhamento N-S que terão induzido deformação e brechificação nos preenchimentos quartzosos as quais podem conter Au nativo (ver mineralizações associadas a estruturas de desligamento tardi D3, em Leal Gomes, 1994).

Para o campo venular de segregação metamórfica, Dias (2012) refere a ocorrência, nesta faixa de veios quartzo-micáceos com textura fina a média e homogeneidade composicional e textural, com evidências de cataclase e mineralizados por Sn, Ta, Nb.

São referidos veios hidrotermais de turquesa e ferroturquesa em quartzofilitos, atribuindo ao fosfato qualidade gemológica (Ferreira *et al.*, 1997)

**Tabela IV. 34.** Dados relativos a alguns depósitos aplito-pegmatíticos explorados na Faixa Vilarinho-Cabração-Seixalvo (F2), dados avançados nos PL e RRM correspondentes. SIMBOLOGIA DO DEPÓSITO ALVO: aplito ( $\alpha$ ), aplito-pegmatito ( $\alpha\pi$ ), pegmatito ( $\pi$ ), greisen ou termo greisenizado (g), filão de quartzo (qz).

NÚMERO	NOME	SUB(S) - ALVO	CAMPO	DIRECÇÃO	INCLINAÇÃO	POSSANÇA (m)	TEORES (Kg/t)	DEPÓSITO- ALVO <sup>1</sup>
3091	Vilarinho n°4	Sn		N30°W	70°E	1	2 (20°)	$\alpha\pi$ , g
1944	Monteiro	Sn (Au)	C3	N12°W E-W	80°NE Vertical	6 – 18 0,5 – 1	5 (CAS) 1g/t (Au) (pepitas 4-7mm*)	$\alpha$ , $\alpha\pi$ , qz

Os terrenos encaixantes pertencem às Formações do Domo de Covas - psamopelitos poligénicos Silúricos com predominio de micaxistos andaluzíticos (Leal Gomes *et al.*, 2008). Dias (2012) refere afloramentos de anfibolitos de pequena dimensão, alongados segundo N-S, com morfologia lenticular, que transitam lateralmente para turmalinitos maciços e fosfáticos, metalistvenitos, quartzofilitos turmalínicos, intercalações granatíferas, quartzofilitos, liditos, psamitos heterogéneos, chertes fosfatados e xistos negros, metafosforitos intercalados nas rochas metassedimentares regionais -

nodulares andaluzíticas. A paragénese anfibolítica inclui: plagioclase, Fe-hornblenda, esfena, fluorite, epidoto, apatite, scheelite e sulfuretos, entre os quais a pirrotite, arsenopirite + loellingite + pirite + galena (Dias e Leal Gomes, 2010).

Num turmalinitos, com modo de ocorrência estratiforme, foi identificado Au nativo, incluso num cristal de scorodite fosfática. Na sucessão metamórfica aflorante reconheceram-se assinaturas protolíticas que indiciam ambientes de riftogénese, o que veio sugerir um novo modelo para a génese magmática e concentração metalífera nos protólitos Silúricos (Dias e Leal Gomes, 2010; Dias, 2012).

#### IV.4.2.3. Faixa Argas – Cerquido - Sta. Justa (F3)

O lineamento de Argas-Cerquido é uma zona de cisalhamento polifásico, NW- SE, de extensão quilométrica e possança métrica a decamétrica, com disposição cartográfica sub-paralela ao bordo E do plutonito de Arga. Inclui uma sequência paradigmática de estruturas e paragénese correspondente à focagem hidrotermal de mineralizações pós-pegmatóides, em que as venulações e rupturas representam o espectro de atitudes dos vários aplito-pegmatitos com veios secantes. A sua descrição encontra-se em Leal Gomes e Gaspar (1992, 1993) e Leal Gomes (1994).

Os elementos estruturais e os campos de tensões variam ao longo da zona de cisalhamento, embora sejam mais frequentes os veios de quartzo *en echelon*, com atitudes escalonadas ao longo do corredor N45 a 10°W. Também os aplito-pegmatitos presentes expressam deformação variável: uma menos intensa e menos penetrativa, com instalação de veios dilatacionais de quartzo em fracturas *en echelon* definidas entre os contactos; outra mais intensa e mais penetrativa, com cataclase e milonitização dos aplito-pegmatitos e silicificação.

A complexidade estrutural e cinemática desta faixa reflecte-se nos diferentes tipos e atitudes dos depósitos explorados no passado (Tabela IV. 35). Também a paragénese e as litologias quartzosas correspondentes, no interior ou próximas dos aplito-pegmatitos, apresentam mineralizações complexas, que incluem: W, As, Zn, Pb, Bi, Ag, Au.

**Tabela IV. 35.** Dados relativos a alguns depósitos na Faixa Argas-Cerquido-Santa.Justa (F3), dados avançados nos PL e RRM correspondentes. SIMBOLOGIA PARA ESTRUTURAS VEICULADORAS: veios dilatacionais (vD), brechas (b), veios *crack-seal* (vCS). \*Teores excepcionalmente altos.

NÚMERO	NOME	SUB(S) - ALVO	CAMPOS	DIRECÇÃO	INCLINAÇÃO	POSSANÇA (m)	TEORES (Kg/t)	ESTRUTURAS VEICULADORAS
623	Covas dos Mouros	W		N45°W	65°SE	0,2	-	
2663	Cavalinho	W,Sn	C6	N45°W	65°SW	0.2	6	
2664	Lagoa	W,Sn,Au		N45°W	85°SE	0.2	3-6 (CAS) 12g/t(Au) 124g/t(Ag)	vD, vCS
803	Serra de Sta. Justa	W		N60°E	60°NE	0.6	2	
2255	Estorãos	W,Sn	C7	N45°-50°E	Vertical	0.2-0.5	-	vD
2465	Braçal	W,Sn		N15°E	Sub-vertical	0.4	10*	

As sucessivas paragénese hidrotermais, de forma espacial correlacionam-se com as de Li, Sn, Nb, Ta, Be próprias dos aplito-pegmatitos mais evoluídos e as de Sn, Nb, Ta dos corpos pegmatíticos menos fraccionados (Leal Gomes, 1994). Muitas vezes ocorrem ao longo dos mesmos corredores de cisalhamento.

Os veios de quartzo transversos que preenchem fracturas distensivas, associadas ao cisalhamento sinestrógiro apresentam, por vezes, salbandas múltiplas indicando *telescoping* localizado.

Uma mesma estrutura mega-escalar pode ter sido reactivada sucessivamente, ampliando a complexidade paragenética que inclui toda a variabilidade dispersa pelos aplito-pegmatitos.

É neste tipo de ambiente que também surgem texturas em "*crack-seal*", em zonas de cisalhamento polifásico, que atravessam formações menos competentes como micaxistos, xistos negros, metagrauvaques e metavulcanitos. Este suporte litológico-estrutural foi sujeito a reactivações cisalhantes sucessivas, seguidas de preenchimento quartzoso, com mineralizações complexas de W e Au e um conjunto escalonado de sulfuretos polimetálicos e sulfossais.

Ao longo da faixa Argas-Cerquido surgem ainda brechas de esmagamento, fortemente silicificadas. Os aplitopegmatitos que elas atravessam encontram-se cataclasados a milonitizados. **Leal Gomes (1994)** refere o preenchimento brechóide com: clastos de pegmatito com cimento quartzoso, sulfuretos, sulfossais e *electrum*, clastos de lidito, quartzito e quartzofilito com cimento quartzoso e arsenopirite aurífera; sulfuretos e pontuações de fluorite.

As associações mineralógicas mais frequentes foram descritas como "minérios" por **Leal Gomes e Gaspar (1992)** e incluem: **minério volframítico** (volframite muito deformada, individualizada das restantes variedades de minérios); **minério arsenopirítico maciço** (arsenopirite com aspecto cataclástico, associado à cordierite, sem ganga quartzosa, contactando com metassedimentos); **minério arsenopirítico venular** (com arsenopirite automórfica em ganga quartzosa e texturas variadas, com destaque para a textura *crack-seal*); **minério zincífero** (blenda com texturas bandadas, com intercalações schliereníticas de leitos de pirite e galena); **minério galenítico** (galena com aspecto arborescente ou em revestimentos de cavidades miarolíticas, coexistindo com os restantes minérios, revelando deposição tardia).

A sucessão metalífera geral proposta por aqueles Autores é a seguinte: Ti W, Fe, As → As, Fe → Zn, Fe, Cu → Pb, Cu, Fe, Bi, Ag. A mineralização As, Fe, é acompanhada de Au nativo e a mineralização Pb é acompanhada de Bi nativo, sulfossais de Pb, Bi e Ag e *electrum*.

Ocorrem ainda venulações sobrepostas com clorite, fluorite e carbonatos, composicionalmente complexas, que podem também apresentar *electrum*.

As litologias encaixantes compreendem metapelitos e metavulcanitos argilizados, também descritos por **Dias (2012)** e incluindo os seguintes litótipos: micaxistos com andaluzite e/ou cordierite, xistos negros e ampelitos friáveis, xistos com andaluzite ± turmalina ± quartzo hidrotermal, quartzitos negros turmalínicos, quartzitos negros silicificados e liditos. O material argílico resultante da evolução de fácies vulcanogénicas revela a presença de Au (**Braga et al., 1999**).

No extremo Sul da faixa, em Sta. Justa, **Dias (2012)** refere rochas cloríticas ultra potássicas, rochas ricas em serpentina, rochas leucocratas sacaróides ricas em albite e clorite, sugerindo tratar-se de metavulcanitos félsicos a felsófilicos com produtos de desvitrificação. Nesse sector, os depósitos explorados no passado, seriam os inúmeros veios de quartzo e produtos de hidrotermalização tardia mineralizados por W e Au com encaixante granítico, ou em metassedimentos heterogéneos, das proximidades do contacto com o granito de Arga.

As substâncias-alvo Sn - W, que se referem na **Tabela IV. 35**, estarão associadas a aplito-pegmatitos (cassiterite) e veios de quartzo secantes (volframite). Ainda a referência a Sn - Au é atribuída a aplito-pegmatitos (cassiterite) e a veios de quartzo secantes (*electrum?*).

Em todas as concessões estes minérios eram explorados em depósitos detríticos do tipo *placer* e em concentrações difusas ou blocos de *floating* dos terrenos de cobertura.

#### IV.4.2.4. Faixa de Dem – Pedrulhos – Espantar (F4)

Esta é a faixa com maior largura em termos cartográficos. Corresponde aos campos dispostos desde o flanco Oeste do maciço de Arga até ao carreamento de Orbacém. Inclui filões que acompanham o azimute do carreamento de Orbacém - N10-20°W. Alguns desses filões não estão instalados na estrutura de carreamento principal (**Tabela IV. 36**).

**Tabela IV. 36.** Dados relativos a alguns depósitos explorados na Faixa de Dem-Pedrulhos-Espantar (F4), dados avançados nos PL e RRM correspondentes. SIMBOLOGIA: aplito ( $\alpha$ ), aplito-pegmatito ( $\alpha\pi$ ), pegmatito ( $\pi$ ), greisen ou termo greisenizado (g), filão de quartzo (qz); veios dilatacionais (vD), brechas(b), veios *crack-seal* (vCS).

NÚMERO	NOME	SUB(S) - ALVO	COUTOS CAMPOS	DIRECÇÃO	INCLINAÇÃO	POSSANÇA (m)	TEORES (Kg/t)	DEPÓSITO- ALVO <sup>1</sup>
				(declarados no Plano de Lavra e Relatório de Reconhecimento)				
979	Lugar de Dem	Sn	CM6, <b>C13</b>	N45°W	80°E	2		$\alpha\pi, qz$
1451	Zebres	Sn		N10°E	60°-78°E	0.5		$\alpha\pi, \pi, g$
1448	Gondar	Sn	CM24, <b>C12</b>	N15°E	80°W	0.35		$\alpha\pi, g$
1557	Sra. Neves n°1	Sn		N10°W	80°W	0.7 - 1.2		$\alpha\pi, \pi, g$
1668	Espantar	Sn	CM30, <b>C11</b>	N-S	68°-72°E	3.0 - 5	2 a 3	$\alpha\pi, g$
1791	Pedrulhos n°4	Sn(Au)		E-W	Vertical	0.6 - 1	2 a 4	$\pi, \alpha\pi, qz$
2194	Corzes	Sn		E-W	70°N	2		$\pi, \alpha\pi, qz$
2280	Real n°1	Sn	<b>C13</b>	N17°-30°E	40°E	1.2	2.5 a 3	$\pi, g$
3371	Cruz da Facha	Sn		N30°W	70°W	9 - 10	3.4 a 2	$\alpha, \pi$

Nos planos de lavra referem-se alguns veios de quartzo dilatacionais - N30-70°E/sub-verticais a pouco inclinados – circunscritos aos aplito-pegmatitos de maiores possanças.

Um exemplo citado por **Leal Gomes (1994)** seria o do filão aplito-pegmatítico estanífero localizado na área designada por “Couto do Almozero”, que inclui as concessões de Vale das Cachadas até Cruz da Facha (N20 -30°W), o qual é atravessado por um feixe de veios de quartzo transversais mineralizados com volframite.

Na área de Pedrulhos, os corpos transversos ao contacto com o granito e aqueles que lhe são paralelos, entrecruzam-se, formando uma rede filoniana. **Leal Gomes (1994)** refere que as relações de intersecção que são mais frequentes, indicam uma instalação concomitante ou que os corpos de afloramento paralelo ao contacto seriam posteriores.

Na rede filoniana de Pedrulhos, **Leal Gomes (1994)** sugere a existência de dois grupos principais de atitudes de aplito-pegmatitos, característico dos sectores proximais. Ambos os grupos estão deformados por D3, por isso, considera como atitudes originais, as mais próximas do contacto, onde a deformação é menos intensa: corpos de afloramento

transversal ao contacto - N70-90°E/50-90°; corpos de afloramento paralelo ao contacto - N10-40°W/0-50°E. Só este último grupo teria sido objecto de atenção nos planos de lavra (Tabela IV. 36).

Os corpos do 1º grupo, ocorrendo exclusivamente nos sectores proximais, mostram uma variação gradual de fácies para apófises graníticas. Pela sua disposição **Leal Gomes (1994)** refere-os como aplito-pegmatitos, leucogranitos e granitos radiais (filões radiais). Os corpos do 2º grupo, ocorrem dispersos por todos os sectores do campo, onde existam afloramentos de aplito-pegmatitos. O Autor refere neste grupos corpos com atitude sub- horizontal, por vezes originalmente encurvada, como no caso do grande filão de Espantar, com notórias estruturas e variações composicionais e texturais que sugerem o seu enraizamento no granito. Manifestam uma colocação similar ao tipo *sill*. Com o afastamento do plutonito de Arga a deformação D3 afecta de forma diferenciada os filões radiais e os *sill*.

Os filões radiais e apófises graníticas - apresentam-se *boudinados* e encurvados, com eixos de dobra sub-verticais ou quase, aparentemente deslocados sob efeito de uma transcorrência regional sinestrógrica, em regime dúctil.

Os *sills* apresentam-se dobrados com planos axiais e eixos sub-parallelos a S2 verticalizada e S3. A característica mais peculiar dos *sill* nos sectores proximais diz respeito à morfologia das suas dobras, muito evidente nos corpos menos possantes. Os flancos de dobra mais extensos e com menor inclinação tendem para o interior do maciço. As dobras dos *sills* adquirem assim uma vergência centrífuga relativamente ao plutonito.

Na área que corresponde à concessão do Lugar de Dem, que inclui o vértice geodésico do Serro, **Dias e Leal Gomes (2007, 2008)** referem uma sequência vulcanogénica metamorfizada com elevada percentagem de sulfuretos de Fe, que consideram paradigmática da natureza protolítica das formações que envolvem o maciço granítico da Serra de Arga.

A cassiterite aqui explorada ocorre principalmente em aplito-pegmatitos de tipo filão radial e corpos *sill*, assim designados em **Leal Gomes (1994)**. Também no mesmo sector **Dias (2012)** reconhece a presença de cassiterite em veios ultra-micáceos de segregação metamórfica. Estes corpos terão sido desmontados para recuperação de cassiterite, designado-se na gíria “filões de micaxisto” (**Dias, 2012**).

Pode considerar-se que uma grande parte da produção era proveniente de concentrações detríticas, aluvionares e eluvionares, onde também foi recuperado Au (*electrum*). Os depósitos de tipo *placer* são aqui frequentes pois existem condições geomorfológicas favoráveis à retenção de sedimentos em vales de altitude, próximos das fontes primárias filonianas.

#### IV.4.2.5. Faixa Costa das Minas-Azevedo-Paradela (F5)

Ao longo do carreamento de Orbacém encontram-se mineralizações filonianas encaixadas nas formações equivalentes à UMC e designadas de formações Senhora das Neves (W) em **Leal Gomes et al. (2008)**. Estas incluem litologias psamopelíticas metamorfizadas (micaxistos) e intercalações de xistos negros, quartzitos ± silicificados, quartzitos negros e turmalinitos.

Os depósitos são de tipo aplito-pegmatito, pouco possantes, com atitudes predominantes de N 20°W/sub-verticais (Tabela IV. 37). Existem zonas de greisenização próximas dos contactos dos filões, que podem estar fortemente mineralizadas.

**Tabela IV. 37.** Dados relativos a alguns depósitos explorados na Faixa Costa das Minas-Azevedo-Paradela (F5), dados dos PL e RRM. SIMBOLOGIA DO DEPÓSITO ALVO: aplito ( $\alpha$ ), aplito-pegmatito ( $\alpha \pi$ ), pegmatito ( $\pi$ ), greisen ou termo greisenizado (g), filão de quartzo (qz).

NÚMERO	NOME	SUB(S) - ALVO	CAMPOS	DIRECÇÃO	INCLINAÇÃO	POSSANÇA (m)	TEORES (Kg/t)	DEPÓSITO- ALVO <sup>1</sup>
758	Costa das Minas	Sn		N18°W	70°E	1.4	2	$\alpha\pi$ , g
1001	Paradela	Sn	<b>C10</b>	N20°W	80°S	1	-	$\pi, \alpha\pi$
1526	Bouça do Atalho	Sn		N18°W	80°SE	2	20*	$\alpha\pi$ , g, qz
1654	Azevedo n.º4	Sn		N8°E	80°E	0.8	26*	$\alpha\pi$ , g, qz

#### IV.4.2.6. Faixa Alto da Bouça da Breia - Folgadoiro - Campo da Corte (F6)

No prolongamento da Faixa Amonde - “Verdes” - Corredouras (F7) e em estruturas paralelas ocorrem mineralizações de Au em veios quartzosos, com atitude N 60-35°W/sub-verticais (Tabela IV. 38) e, ocasionalmente mineralizações de W associadas. Os depósitos mais importantes do Alto da Bouça da Breia até ao Folgadoiro.

**Tabela IV. 38.** Dados relativos a alguns depósitos aplito-pegmatíticos explorados na Faixa Alto da Bouça da Breia- Folgadoiro-Campo da Corte (F6), dados avançados nos PL e RRM). SIMBOLOGIA: aplito ( $\alpha$ ), aplito-pegmatito ( $\alpha \pi$ ), pegmatito ( $\pi$ ), greisen ou termo greisenizado (g), filão de quartzo (qz); veios dilatacionais (vD), brechas (b), veios *crack-seal* (vCS).

NÚMERO	NOME	SUB(S) - ALVO	CAMPOS	DIRECÇÃO	INCLINAÇÃO	POSSANÇA (m)	TEORES (Kg/t)	DEPÓSITO- ALVO <sup>1</sup>
565	Bouça de Água ou Carvalha	Sn		N75°W	70°E		8	$\pi$
3255	Ervideiro	Sn,Au	<b>C8</b>	N20°W	Sub-vertical	0.8-2.5	1.4g/t (Au)	b
1674	Orbacém	Sn		<b>C12</b>	N20°W	70-80°E	-	-
2217	Tourim n.º2	Sn(Au)			E-W	75°N	0.5	-
2361	Folgadoura	Sn,Au		N29°W	Sub-vertical	1.2	2	
2653	Campo da Corte	W,Sn	<b>C9</b>	N60°W	Vertical	0.1-0.4	1,5 - 2	vD, b
3146	Alto da Bouça da Breia	Sn,Au-Ag			N35°W	50°NW	0.2	97g/t (Au) 59g/t (Ag)

O corredor estrutural Bouça da Breia – Folgadoiro tem semelhanças muito marcadas com a zona de cisalhamento Argas-Cerquido, situada no flanco Este da Serra de Arga (Leal Gomes e Gaspar, 1992).

#### IV.4.2.7. Faixa Amonde -“Verdes”- Corredouras (F7)

A faixa mineira de Amonde -“Verdes”- Corredouras tem características semelhantes à da faixa Vilarinho-Cabração-Seixalvo (F2), situada no lado Este da RMArga (Tabela IV. 39).

As rochas encaixantes incluem-se nas formações do Domo de Covas, contactando a Sul com o granito de Outeiro, de duas micas *sin a tardi* tectónico relativamente a D3. Nesta faixa ocorrem intercaladas nos metassedimentos

fácies anfibolíticas e turmaliniticas de afinidade vulcanogénica exalativa, análogas às do campo de Monteiro (flanco Oeste do maciço de Arga), descritas por **Dias (2012)**. Esta Autora refere uma afinidade genética de litologias situadas em sectores simétricos, mas afastados no espaço pelo maciço granítico de Arga.

A densidade da rede filoniana de intrusões aplito-pegmatíticas é muito grande, ocorrendo corpos possantes mineralizados com cassiterite e nióbio-tantalatos, que correspondem às zonas distais de ocorrência de aplito-pegmatitos, descritas por **Leal Gomes (1994)**.

**Tabela IV. 39.** Dados relativos a alguns depósitos explorados na Faixa Amonde –“Verdes”- Corredouras (F7), dados de PL e RRM). SIMBOLOGIA: veios dilatacionais (vD), brechas(b), veios *crack-seal* (vCS).

NÚMERO	NOME	SUB(S) - ALVO	CAMPOS	DIRECÇÃO	INCLINAÇÃO	POSSANÇA (m)	TEORES (Kg/t)	ESTRUTURAS VEICULADORAS
1675	Corredouras	SnAu		N25°W	70°E	0,3	-	
2329	Amonde nº1	SnAu	C9	N45°W	50°NE	3	-	
2223	Alto da Bouça das Freiras	Sn,W		N45°W	50°NE	3	-	vD, vCS
2303	Serra da Vila	SnAu		N45°W	50°NW	3	2,5	

Na área dos “Verdes” - concessão do Alto da Bouça das Freiras - **Dias (2012)** descreve uma formação proto-vulcânica félsica porfírica relativamente desenvolvida e ainda rochas muito ricas em epidoto e com níveis descontínuos de grafite. Estas formações hospedam veios metamórficos, sódico-potássicos litiníferos, e pegmatitos em que ocorrem cristais de cassiterite e nióbio-tantalatos (**Dias, 2012**). Estes minérios também foram observados em albitos venulares precoces da área de Amonde.

# V. CAPÍTULO

## ELEMENTOS ANALÍTICOS PARA O DIAGNÓSTICO DA EVOLUÇÃO DO EMa

---

### INVENTÁRIO MINERALÓGICO EM ESCOMBREIRAS E DRENAGENS MINEIRAS

#### CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DE MATERIAIS DE ESCOMBREIRA

Estudo mineralógico de tungstatos - quadro teórico

Tungstatos na RMArga

Análise paragenética e composição de tungstatos de ambientes vulcanogénicos a exalativos

Análise paragenética e composição de tungstatos de ambientes hidrotermais

Relação entre ambientes de precipitação de tungstatos – contributos da mineroquímica

Estudo de ambientes de neoformação mineralógica – princípios gerais

Estudo de neoformações scorodíticas

Ambiente de neoformação scorodítica em EMa - Castelhão, Fulão, Tibães, Adoria, Penedono

Programas de Microanálise de scorodites

Mineralizações de In e as relações com sulfuretos e arsenatos

Características hidrogeoquímicas de escorrências superficiais em EMa

#### SISTEMA DE ELEVADA REACTIVIDADE PARAGENÉTICA E FORTE INTERACÇÃO MINERAL – ÁGUA

Particularidades geológicas e mineiras dos EMa Valdarca e Santa Justa

Condições climáticas regionais

Fisiografia e especificidades dos sistemas fluviais receptores de drenagem mineira

Programa de intervenção ambiental na “Área Mineira de Covas”

Parâmetros descritores de referência e ambientes de drenagem

Descrição espaço - temporal da dispersão hidroquímica

Estações do Ribeiro do Poço Negro, Rio Coura e Santa Justa

Elementos TR e a drenagem ácida de mina

Componente ecológica do ambiente de drenagem ácida

Neoformação e retenção física na dependência de substratos vegetais – estudos preliminares

Fenómenos concentradores de Au supergénico em ambientes secundário – referências

Geoquímica, textura e mineralogia de sedimentos de leito

Análise química e razão de concentração sedimento – água

Análise textural e granulométrica de sedimentos de leito

Composição mineralógica da fracção < 20µm

Estudo mineralométrico em drenagens ácidas – ensaio

Ensaio mineralométrico sobre a fracção densa de sedimentos de fundo de leito

Ensaio mineralométrico sobre a fracção densa de sedimentos de retenção gravítica natural

Atlas de identificação mineralógica em meios de drenagem ácida e casos comparativos - esquema



## V. ELEMENTOS DE DIAGNÓSTICO DO ESTADO DE EVOLUÇÃO DE EMa

A anterior descrição do funcionamento mineiro na região da Serra d'Arga revelou a distribuição cartográfica dos vestígios de lavra mineira passada. Estes vestígios incluíam escavações, frentes de desmonte, materiais litológicos e mineralógicos heterogranulares rejeitados, que resultaram da intervenção mineira propriamente dita, à qual se seguiu um período de abandono (3 a 5 décadas). Durante este período verificou-se a evolução de diferentes situações de impacte ambiental associada à actividade extractiva. A concepção de espaço mineiro abandonado (EMa), doravante utilizada, refere uma área mineira antiga com vestígios de actividade extractiva, escavações, edificações e acumulados de resíduos que sofreram uma evolução natural após abandono da lavra.

Na RMArga, um primeiro conjunto de situações de impacte ambiental associado à actividade extractiva foi identificado por **Valente (1996, 2004)**. Nesses trabalhos referem-se as escombrelas como os principais focos de impacte, desencadeando desequilíbrios na paisagem e nos sistemas hídricos e ecológicos. As principais consequências reconhecidas foram: alteração topográfica, geração e persistência de efluentes aquosos que se enquadram no conceito de drenagem ácida de mina (DAM) e também a dispersão de cargas sedimentares pelos cursos de água receptores de drenagem, conduzindo, eventualmente, ao seu assoreamento.

Em **Valente (1996, 2004)** e **Valente e Leal Gomes (1988, 2001a,b)** as escombrelas são abordadas enquanto objectos de estudo representativos da diversidade de formas de impacte associadas a EMa. Os cenários de impacte definidos por estes Autores têm expressão por toda a RMArga, com distintos graus de intensidade.

Neste estudo, a revisão do impacte ambiental em EMa tem em conta o estudo do funcionamento mineiro passado, sendo esse o seu ponto de partida para o diagnóstico e actualização do estado de evolução dos principais fulcros conhecidos. Os métodos de desmonte e diagramas de tratamento de lavarias, estudados a partir do acervo documental mineiro apoiaram a definição de um programa de amostragem abrangendo locais paradigmáticos. Os critérios de selecção desses locais atenderam à seguinte tipologia: **1)** Locais com vestígios de desmontes a céu aberto, com frentes de desmonte reconhecíveis; **2)** Escombrelas de tratamento mecânico, localizadas, com cominuição que atingiu granularidade de ordem milimétrica; **3)** Escombros de desmonte e primeira escolha, dispersos, heterogranulares, com paragénese complexas e diversificadas.

Num estado inicial, sobre os EMa seleccionados procedeu-se a uma amostragem para reconhecimento da mineralogia presente, tanto nos depósitos primários e seus encaixantes, como nos produtos de alteração supergénica primitiva e produtos de alteração supergénica após mineração. Portanto, o estudo abrangeu:

- Valorização das mineralizações-alvo e da paragénese em que se inserem, reconhecendo-se a possibilidade de existirem ainda por desmontar algumas massas mineralizadas com eventual interesse económico;
- Identificação de fulcros de contaminação relacionados com a existência de espécies minerais mais ou menos reactivas, capazes de remobilizarem conteúdos químicos penalizantes dos meios receptores de drenagem;
- Identificação de espécies mineralógicas invulgares, que possam ter valor patrimonial ou possam ser indicadores de uma diversificação do espectro de recursos base atribuídos a esta região.

A apresentação dos elementos analíticos agora considerados, utiliza os procedimentos indicados no Capítulo II para os materiais: amostras de mão, amostras de concentrados mineralógicos, precipitados, sedimentos, organismos e materiais orgânicos em ambientes de drenagem ácida.

### V.1. INVENTÁRIO MINERALÓGICO EM ESCOMBREIRAS E AMBIENTES DE DRENAGEM MINEIRA

Os EMa seleccionados para efeito de reconhecimento das mineralogias presentes em escombreliras na RMArga foram: Balouca, Monteiro, Cabanas, Fulão, Santa Justa, Cerdeirinha e Valdarcas (**Tabela V. 1**). A amostragem inclui, genericamente, materiais provenientes de várias formas de exploração e tratamento de minérios, bem como, as diversas paragêneses e minérios que foram objecto da lavra mineira antiga.

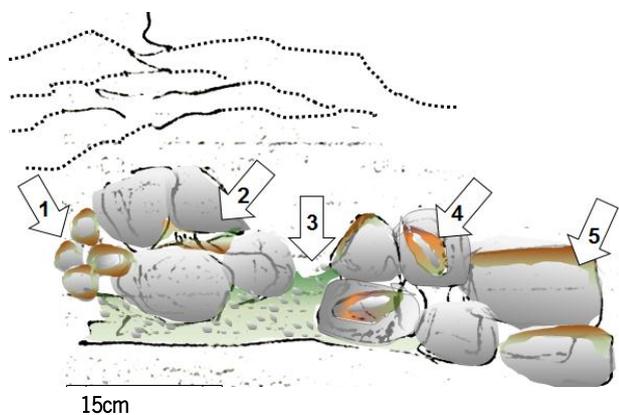
**Tabela V. 1.** Características dos EMa seleccionados para amostragem e reconhecimento mineralógico preliminar na RMArga, com indicação dos local de amostragem e dos materiais alvo de colheita (amostras de mão e material detrítico). As amostras de mão foram obtidas em escombreliras (exceptuando as de Fulão e Balouca e Cerdeirinha).

EMa	MINÉRIO	TIPO DE EXPLORAÇÃO	TIPO DE TRATAMENTO	PERÍODO DE LAVRA	LOCAL DE AMOSTRAGEM	MATERIAL DETRÍTICO (< 5cm)
BALOUCA	CAS	Sem concessão, trabalhos muito rudimentares, trincheira sobre o filão com profundidade superior a 25m.	Em caleira e bacias em cursos de água próximos, pela friabilidade do material não se realizava fragmentação.	1942-1944	Afloramento aplítico exposto em ripagens sucessivas das encostas na área mineira antiga	Roço em afloramento muito friável
MONTEIRO	CAS	Subterrânea (sistema de galerias e socavões, desmontes em talhadas horizontais, alguns trabalhos superficiais)	Em lavaria mecânica - sede de tratamento de minérios provenientes de outras minas (cominuição <0,5mm)	1930-1960	Escombrelira dispersa e zona assoreada a jusante da lavaria	Sedimento solto heterogranular
CABANAS	CAS+VOLF	Subterrânea (sistema de galerias e desmontes em degraus invertidos e enchimento de vazios)	Em lavaria mecânica (cominuição <1,5mm)	1940-1950	Escombrelira dispersa próxima da lavaria	Sedimento solto heterogranular
FULÃO	VOLF+Au	Céu aberto em trincheira e lavra subterrânea com sistema de galerias e desmontes em degraus invertidos sem enchimento.	Em lavaria manual (cominuição <1,5mm)	1910-1960	Escombrelira dispersa entre trincheiras	Sedimento solto heterogranular
STA. JUSTA	VOLF+CAS+Au		Em lavaria manual (cominuição <1,5mm)	1910-1950	Escombrelira à boca de uma galeria	Sedimento solto heterogranular
CERDEIRINHA	VOLF	Céu aberto, bancada única.	Em lavaria mecânica própria, até 1957 (cominuição <1,5mm, 1 unidade de flutuação)	1940-1980	Em frente de desmonte na corta principal do céu aberto	Roço em estrato diferenciado enriquecido em sulfuretos
VALDARCAS	VOLF	Subterrânea com desmontes combinados: <i>shrinkage stope</i> e talhas horizontais, com enchimentos, câmaras e pilares abandonados ou armados.	Em lavaria mecânica sede de tratamento de outras minas a partir de 1970 (cominuição <0,7mm, com flutuação antes e após concentração hidrogravítica; ustulação e lixiviação desfosforizante)	1940-1980	Acumulados dispersos na proximidade da "casa do guincho" que trazia o material dos pisos inferiores (3 e 4) para a rolagem até à lavaria	Sedimento argilizado, pouco consolidado, heterogranular com cimento ocre misto (argilas e precipitados neogénicos)

A tipologia que se convencionou para designar os materiais presentes nas escombreliras vem ilustrada na **Figura V. 1**. Numa primeira amostragem e reconhecimento mineralógico identificaram-se minérios e gangas presentes em escombrelira, em frentes de desmonte e afloramentos nas imediações (**Tabela V. 2 - Tabela V. 3**).

O material detrítico nos casos de Monteiro, Cabanas, Fulão, Santa Justa e Valdarcas equivale ao **tipo 2** da **Figura V. 1**. Quando a escombrelira está em associação directa com a zona de tratamento – com processamento de finos – podem ocorrer cimentos de neoformação com composições heterogêneas e uma evolução supergênica que será abordada, especificamente, na rúbrica dedicada a precipitados de neoformação.

No caso de Valdearcas, a acumulação da casa do guincho não é uma verdadeira escombreira. O material aí acumulado seria proveniente de despejos ocasionais, possivelmente de vagonetes trazidas dos pisos inferiores que prosseguiriam para a lavaria. Nestas condições o material detrítico muito grosseiro encontra-se muito alterado, as argilas consolidam e os grãos detríticos coalescem sendo possível reconhecer várias formas de litificação.



**Figura V. 1.** Tipologia de materiais presentes em escombreiras:

- 1 - Rejeitos grosseiros revestidos parcialmente ou totalmente por pátinas ou crustificações litificantes de neoformação supergênica;
- 2 - Interstícios entre resíduos grosseiros a muito grosseiros, consolidados ou não;
- 3 - Material detrítico cimentado, mais ou menos desagregado, cimento argílico ou de precipitação neogénica, incluindo sais e óxidos;
- 4 - Cavidades de *boxwork* em massas de sulfuretos;
- 5 - Blocos de grandes dimensões com revestimentos parciais ou crustificações.

As amostras de mão obtidas em escombreira para efeitos de identificação mineral de neoformações (**Tabela V. 5**) foram, preferencialmente do **tipo 4** - blocos com cavidades *boxwork* em fragmentos de grande dimensão. Nestas foi possível seleccionar fragmentos de cristais de morfologia conhecida, separados manualmente das cavidades para identificação e análise química em MSE, (ver **Capítulo V**).

Os blocos de maiores dimensões, provenientes de desmontes iniciais das fases de acesso e traçagem, correspondem a litologias encaixantes, que possuem, não raramente, mineralizações difusas geneticamente relacionáveis com as paragénese principais. Muitos destes blocos apresentam revestimentos ocres de forma irregular e textura heterogénea, podendo corresponder a materiais do **tipo 5** (**Figura V. 1**). Podem também encontrar-se blocos pouco mineralizados, mas com elevados conteúdos de sulfuretos, típicos das gangas, ocorrendo aí produtos de neoformação supergênica pela evolução daqueles. A fragmentação destes blocos revelou cavidades de alteração, constituindo os matérias de **tipo 4-5**, que foram colhidos, especialmente, no Fulão e em Sta. Justa.

Os fragmentos de *tout-venant* de menores dimensões manifestam mais visivelmente a alteração e evolução supergênica - **tipo 1** (**Figura V. 1**). Ao possuírem maior superfície específica, manifestam evidências texturais de fenómenos de (re)mobilização química meteórica, com maior magnitude. Não obstante, muitas vezes observam-se revestimentos aparentemente equilibrados com as condições ambientais, que incluem pátinas, crustificações e produtos de gossanização. Trata-se de materiais de elevada hidratação, baixa cristalinidade que ocorrem em associações minerais que tendem para uma homogeneização do aspecto macroscópico. Estes materiais foram amostrados em todas as escombreiras, todavia, pela sua difícil identificação e individualização não integram o inventário mineralógico. O mesmo se aplica aos materiais do **tipo 2**.

Segundo o procedimento analítico proposto para o estudo de sedimentos em ambiente mineiro (**Figura II.10, Capítulo II**) as amostras de material detrítico desagregado (<5 cm) provenientes dos locais discriminados na **Tabela V. 1** - Balouca, Monteiro, Cabanas, Fulão, Santa Justa, Castelhão, Cerdeirinha e Valdearcas - permitiram a identificação do espectro de minérios (**Tabela V. 2**) e gangas de densidade superior ao quartzo (**Tabela V. 3**). Estes sedimentos foram, na

sua maioria, concentrados à bateia. No caso das amostras da Cerdeirinha e Valdarças foram também separadas em bromofórmio (densidade >2.89). Os concentrados assim apurados foram observados em luz difusa - natural e ultravioleta - em lupa binocular, após separação magnética manual dos minerais ferrimagnéticos.

**Tabela V. 2.** Inventário mineralógico de minérios, em **material detrítico**, identificação segundo o procedimento analítico da **Figura II. 10 (Capítulo II)**.

Espécies ou grupos mineralógicos	Abrev.	Classificação (Strunz 8ªEd.)	Composição Teórica	Dureza (Mohs)	Dens	Sistema cristalográfico	BALOUCA	MONTEIRO	CABANAS	FULÃO	STA JUSTA	CASTELHÃO	CERDEIRINHA	VALDARCAS	
cassiterite	CAS	óxido	SnO <sub>2</sub>	6,9	7	tetragonal							+	+	-
columbite-tantalite	COL-TAN	óxido	(Fe,Mn)(NbTa) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	6,5	6	ortorrômbico				-	-	-	-	-	-
<i>electrum</i>	AU	ele <sup>m</sup> nativo	AuAg	3,0	19,3	isométrico	-	+	-		+			+	+
reinite*	REI	tungstato	FeWO <sub>4</sub>	4,5	7,5	tetragonal	-	-	-	-	-	-	-		
scheelite	SCH	tungstato	CaWO <sub>4</sub>	4,5	6,1	tetragonal	-	+	-	-	-	-	-		
volframite	VOLF	tungstato	(Fe, Mn) WO <sub>4</sub>	4,5	7,3	monoclinico	-	-							

SIMBOLOGIA: Tons mais escuros correspondem a uma maior abundância da espécie ou grupo mineral, - não detectado; + documentado mas não detectado; \* o termo reinite refere-se à substituição pseudomórfica da scheelite pela ferberite.

Destacam-se algumas características particulares dos grãos de minérios. As cassiterites da Balouca apresentam-se frequentemente automórficas (concentrados provindos de roço em afloramento aplítico friável), ocorrem sob a forma de cristais geminados cíclicos, com “morfologias em estrela” (Leal Gomes,1994) e dimensão até 5mm. Trata-se de um tipo particular de macla, com geminações múltiplas de 3, tendo sido reconhecidos cristais com 9 indivíduos. O Autor refere, por comparação, o caso das geminações *ninelings* de Naégi (Japão). Tal como se ilustra no estudo de Marumo (1957), a geminação é composta de um cristal de cassiterite nuclear e os restantes geminados segundo (011).

Em Monteiro e Cabanas as cassiterites concentradas a partir de escombros dispersos são de dimensão reduzida (<2 mm), xenomórficas, sob a forma de poalha. No EMA de Junqueiro, na cumeada E de Arga, a ocorrência de cassiterite é também muito expressiva, característica de depósitos aluvionares, com grãos na ordem dos cm, arredondados e muito desgastados.

A ocorrência de ouro, está documentada em relatórios inéditos de concessão e estudos como em Gomes e Gaspar (1993), referindo-se que as "pintas" auríferas em concentrados de bateia seriam sobretudo de *electrum*. No caso reconhecido, as granulometrias foram muito baixas (<mm) e não se procedeu à sua análise química.

As ocorrências de scheelite e volframite tiveram maior expressão no leito do Rio Coura, na influência do halo de dispersão das minas de Valdarças e Fervença. Aí reconheceram-se pseudomorfoses automórficas de ferberite após scheelite - designadas de reinite - variedade ferberítica (Li e Wang, 1947). Trata-se de uma referência mineralométrica específica destes EMA, com hábito tetraédrico bipiramidal, descrito pela primeira vez em Coteló Neiva *et al.* (1956), localmente apelidados por “peões”. Frequentemente estes grãos são mistos, incluindo pseudomorfoses incompletas, ou surgem associados a agregados centimétricos, observando-se quase sempre, intercrescimentos de scheelite e volframite.

**Tabela V. 3.** Inventário mineralógico, em **material detrítico**, de gangas com densidade superior à do quartzo, identificação segundo o diagrama analítico da Figura II. 10 (Capítulo II). Na primeira coluna indicam-se os métodos de identificação mineralógica: lupa binocular, com luz difusa e luz transmitida (LB); difracção de RX (DRX).

Espécie ou grupo mineralógico	Abrev.	Classif. (Strunz 8ªEd.)	Composição Teórica	Dureza (Mohs)	Dens	Estrutura cristalina	BALOUCA	MONTEIRO	CABANAS	FULÃO	STAJUSTA	CASTELHÃO	CERDEIRINHA	VALDARCAS
LB anatase	ANA	óxido	TiO <sub>2</sub>	5,8	3,9	tetragonal								
LB andaluzite	AND	silicato	Al <sub>2</sub> (SiO <sub>4</sub> )O	7,0	3,2	ortorrômbico								
LB corindo	COR	óxido	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9	4	trigonal				-	-	-		-
LB distena	DIS	silicato	Al <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub>	4.0-7	3,5	triclinico	-	-	-	-	-	-		
DRX ganite-hercinite	GAN	óxido	ZnAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	7.0-8	4,6	isométrico	+	+		-	-	-	-	-
LB hematite	HEM	óxido	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,5	5,2	trigonal	-	-						
LB ilmenite	ILM	óxido	FeTiO <sub>3</sub>	5,5	4,7	trigonal								
LB rútilo	RUT	óxido	TiO <sub>2</sub>	6	4,25	tetragonal								
LB turmalina (grupo)	TUR	silicato												
LB schorl-dravite (TUR)	SCO- DRAV	silicato	Na(Fe,Mg)Al <sub>3</sub> (BO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>9</sub> (OH) <sub>3</sub>	7	3,1	trigonal								
LB elbaite-lidicoatite (TUR)	ELB-LID	silicato	(Na,Ca)(Mg,Fe, Li) <sub>3</sub> Al <sub>6</sub> B <sub>3</sub> Si <sub>6</sub> Q <sub>27</sub> (OH) <sub>4</sub>	7,5	3,1	trigonal		-	-	-	-	-	-	-
DRX silimanite	SID	silicato	(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )(SiO <sub>2</sub> )	7	3,2	ortorrômbico				-	-	-		
LB zircão	ZIR	silicato	ZrSiO <sub>4</sub> (TR)	7,5	4,6	tetragonal								
DRX diásporo	DIA	silicato	CaMg(Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )	6,0	3,3	monoclinico	-	-	-	-	-	-		
DRX fluorapatite	F-AP	fosfato	Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> F	5,0	3,2	hexagonal	-	-	-	-				
LB granada (grupo)	GRA	silicato												
LB grossulária (gran)	GRO	silicato	Ca <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	6,0	3,4	isométrico	-	-	?	-	-			
LB almandina-essartite (gran)	ALM-ESP	silicato	(Fe,Mn)Al <sub>3</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	7,0	4,3	isométrico	-	-		-	-	-		
LB piroxena (grupo)	PIROX	silicato												
LB anfíbola (grupo)	ANF	silicato			3,5									
LB arsenopirite	ARS	sulfureto	FeAsS	6,0	6,2	monoclinico	-	-						
LB blenda	BLE	sulfureto	ZnS	4,0	4,1	isométrico	-	-					-	?
LB galena	GAL	sulfureto	PbS	2,5	7,6	isométrico	-	-	-				?	-
LB pirite	PIR	sulfureto	FeS <sub>2</sub>	6,0	5	isométrico	-		-					
LB pirrotite	PIRR	sulfureto	Fe <sub>7</sub> S <sub>8</sub>	4,0	4,7	monoclinico	-	-	-	?	?	-		
DRX anidrite	ANI	sulfato	CaSO <sub>4</sub>	3,5	2,97	ortorrômbico	-	-	-	-	-	-		-
LB goethite	GOE	óxi-hidróxido	xFeO(OH)	5,5	4,2	ortorrômbico								
DRX hidrotungstite	Htung	tungstato	H <sub>2</sub> (WO <sub>4</sub> )•(H <sub>2</sub> O)	2,0	4,6	monoclinico								
LB lepidocrocite	LEPI	óxi-hidróxido	FeO(OH)	5,0	4	ortorrômbico								
LB limonite	LIM	óxi-hidróxido		5,0	4									
LB magnetite	MAG	óxi-hidróxido	Fe <sup>3+</sup> <sub>4</sub> Fe <sup>2+</sup> <sub>2</sub> S <sub>4</sub>	5.5-6.5	5,2	isométrico								
LB scorodite	SCOR	arsenato	FeAsO <sub>4</sub> •2H <sub>2</sub> O	4,0	3,2	ortorrômbico								

SIMBOLOGIA: Tons mais escuros correspondem a uma maior abundancia da espécie ou grupo mineral, - não detectado; + documentado mas não detectado; ? persistiram dúvidas na identificação

Os materiais amostrados nas imediações de escavações mineiras manifestam crustificações bem desenvolvidas, com relativa hidratação, coerência e grande variação cromática. **Valente (2004)** distingue diferentes tipos de crustificações, segundo a mineralogia do cimento que promove a aglutinação de constituintes. Genericamente, considerou as seguintes crustificações: ferralítica; argilítica; silícica, fosfolítica, sulfatolítica e scorodítica.

Neste estudo o termo de crustificação é tomado em paralelo com gossanização. Provém maioritariamente destes dois portadores - crustas e gossans - as amostras em que de realizou identificação mineralógica de fases neoformadas. No primeiro caso, crustas, os suportes são amostrados em escombreira, sob fragmentos de rejeitos mineiros, no caso dos gossans obtêm-se em afloramento, sem que esteja implicado um desmonte.

As amostras de mão que se referem aos substratos em afloramento provêm das áreas de Covas dos Mouros, Tapada e Gesteira, contíguos ao EMA do Fulão. Representam verdadeiros gossans e produtos de gossanização desmembrados.

As amostras de mão estudadas são multiparagenéticas: incluem o conjunto de minerais do depósito e, ocasionalmente, minerais das rochas encaixantes (Tabela V. 4). As identificações em *boxwork* estão na Tabela V. 5

**Tabela V. 4.** Inventário mineralógico decorrente do estudo de **amostras de mão** provenientes de escombreira e afloramentos semelhantes aos explorados e obtidos próximos das escavações mineiras. Identificação de acordo com o procedimento analítico da **Figura II.8 (Capítulo II)**. Na primeira coluna indica-se o método de identificação mineralógica: Observação de propriedades físicas diagnósticas (ED); Lupa binocular, com luz difusa (LB); Microscópio óptico de luz transmitida e luz reflectida (MO); Difracção de RX (DRX); Microsonda electrónica (MSE).

Espécie ou grupo mineralógico	Abrev.	Classificação (Strunz 8ªEd.)	Fórmula Empírica	Dureza (Mohs)	Dens	BALOUCA	MONTEIRO	CABANAS	FULÃO	STA JUSTA	CASTELHÃO	CERDEIRINHA	VALDARCAS
MSE ferberite-huebnerite	FER-HUB	tungstato	(FeMn)WO <sub>4</sub>	4,5	7,5	-	-	+					
MO/MSE ouro	AU	el. nativo	Au	3,0	19,3	-	+	-		-	-		
ED reinite (var. ferberite)	REi	tungstato	FeWO <sub>4</sub>	4,5	7,5	-	-	-		-	-		
ED scheelite	SCH	tungstato	CaWO <sub>4</sub>	4,5	6,1	-		-			-		
ED cassiterite	CAS	óxido	SnO <sub>2</sub>	6,9	7						+	-	-
ED andaluzite	AND	silicato	Al <sub>2</sub> (SiO <sub>4</sub> )O	7,0	3,2								?
ED/MSD esmeralda	ESM	silicato	Be <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>6</sub>										+
ED corindo	COR	óxido	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9	4				-	-	-		-
ED hematite	HEM	óxido	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,5	5,2								
ED ilmenite	ILM	óxido	FeTiO <sub>3</sub>	5,5	4,7								
ED lazulite-scorzalite	LAZ-SCOR	fosfato	(Fe,Mg) Al <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>						-	-	-	-	-
MSE monazite	MON	fosfato	(Ce, La, Nd Y, Th)PO <sub>4</sub>	5	5	-							
DRX olenite	OLE	silicato	NaAl <sub>3</sub> (BO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (OH)	7	3		-	-	-	-	-	-	-
DRX raspite	RAS	tungstato	PbWO <sub>6</sub>	2,5	8,4		-	-	-				
DRX rooseveltite	ROOS	arsenato	BiAsO <sub>4</sub>	4,5	6,86		-	-	-				
ED schorl-dravite	SCO-DRAV	silicato	Na(Fe,Mg)Al <sub>3</sub> (BO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (OH) <sub>2</sub>	7	3,1								
DRX stolzite	STOL	tungstato	PbWO <sub>6</sub>	2,5	8	-	-	-					
MSE xenotima	XEN	fosfato	YPO <sub>4</sub>	4,7	5	-	-	-					
DRX petalite	PET	silicato	Li Al Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub>	6,4	2,4				-	-	-	-	-
ED zinnwaldite	ZNC	silicato	KLiFeAl (AlSi <sub>3</sub> ) O <sub>10</sub> (F, OH) <sub>2</sub>	3,5	3				-	-	-	-	-
LB diásporo	DIA	silicato	CaMg(Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )	6,0	3,3	-	-	-	-	-	-		
LB/MO fluorapatite	F-AP	fosfato	Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> F	5,0	3,2	-	-	-	-				
LB/MO granada (grupo)	GRA	silicato											
LB/MO piroxena (grupo)	PIROX	silicato											
ED vesuvianite	VES	silicato	(Ca,Na) <sub>10</sub> (Al,Mg,Fe) <sub>12</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>10</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )(OH,F,O) <sub>10</sub>	6,5	3,3	-	-	-	-	-	-		
LB/MO anfíbolos	ANF	silicato			3,5								
ED/MSE* arsenopirite	ARS	sulfureto	FeAsS	6,0	6,2	-	-					*	-
MSE bismutinite	BIS	sulfureto	Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	2	7	-	-						
LB/MO blenda	BLE	sulfureto	ZnS	4,0	4,1	-	-						
LB/MO calcopirite	CALC	sulfureto	CuFeS <sub>2</sub>	4,0	4,3	-	-	-					
LB/MO covelite	COV	sulfureto	CuS	2,0	4,6	-	-	-					
LB/MO galena	GAL	sulfureto	PbS	2,5	7,6	-	-	-					
MSE lollingite	LOL	sulfureto	FeAs <sub>2</sub>	5	7,5	-	-	-				●	
ED pirite	PIR	sulfureto	FeS <sub>2</sub>	6,0	5	-		-					
ED pirrotite	PIRR	sulfureto	Fe <sub>9</sub> S <sub>8</sub>	4,0	4,7	-	-	-					

SIMBOLOGIA: - não detectado; + documentado mas não detectado; ? persistiram dúvidas na identificação; Tons mais escuros correspondem a uma maior abundância da espécie ou grupo mineral; ● amostra pontual (microanálise)

A identificação mineral em cavidades de alteração e crustificações supergênicas foi realizada, num primeiro momento, à lupa binocular recorrendo a propriedades físicas diagnósticas. Os ambientes em cavidade favorecem o crescimento livre, sendo as formas euédricas que aí se observam uma propriedade diagnóstica de várias das espécies

minerais. A cor dos cristais e recobrimentos tem também importância determinativa; as neoformações expressam tonalidades discriminantes, cuja intensidade parece ser influenciada pelo grau de hidratação.

No caso de uma neoformação scorodítica ( $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), com tom azul-verde, admite na estrutura cristalina um número de moléculas de água até  $3.5 \text{ H}_2\text{O}$ , valor a partir do qual a estrutura transita para kanquite ( $\text{FeAsO}_4 \cdot 3.5\text{H}_2\text{O}$ ), com tom equivalente, mais claro, ou mesmo acromática (N9 na escala de cor de Munsell). As identificações foram sendo melhoradas com a obtenção de difractogramas impolutos sobre agregados monominerálicos e, posteriormente, recorrendo a análise pontual (MSE) em cristais e crustificações seleccionadas.

**Tabela V. 5.** Inventário de neoformações mineralógicas em amostras de mão provenientes de escombreira (materiais definidos como tipo 4 da Figura V. 1) Identificação segundo o procedimento analítico na Figura II.8 (Capítulo II). Na primeira coluna indica-se o método de identificação mineralógica: Observação de propriedades físicas diagnosticas (ED); Lupa binocular, com luz difusa (LB); Microscópio óptico de luz transmitida e luz reflectida (MO); Difrração de RX (DRX); Microsonda electrónica (MSE).

Espécie ou grupo mineral	Abrev.	Classificação (Strunz 8ªEd.)	Fórmula Empírica	Dureza (Mohs)	Dens	BALOUCA	MONTEIRO	CABANAS	FULÃO	STA JUSTA	CASTELHÃO	CERDEIRINHA	VALDARCAS
DRX anglesite	ANG	hidroxi-sulfato	$\text{PbSO}_4$	3	6.3	-	-	-		-	-	-	?
DRX enxofre	S	el. nativo	$\text{S}_8$	2	1,5	-	-	-	-	-	?		
MSE arsenobismite	ArsB	arsenato	$\text{Bi}_2(\text{AsO}_4)(\text{OH})_2$	3	5.7	-	-	-			-	-	-
DRX/MSE beudantite	BEA	arsenato-sulfato	$\text{PbFe}_2(\text{AsO}_4)(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$	3.5	4.48	-	-	-			-	-	
MSE bismuto	BI	elemento nativo	Bi	2,5	9,8	-	-	-			-	-	
LB/DRX carminite	CAR	arsenato	$\text{PbFe}_2(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_2$	3.5	5,2	-	-	-		-	-	-	-
MSE dufrenite	DU	fosfato hidratado	$\text{CaFeFe}_2(\text{PO}_4)(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	3,5	3,1	-	-	-	-		-	-	-
MSE diadoquite	DIAD	fosfato hidratado	$\text{Fe}_2(\text{PO}_4)(\text{SO}_4)(\text{OH}) \cdot 5(\text{H}_2\text{O})$	3,5	2,4	-	-	-	-	-	-	?	?
MSE plumbogumite	PLU	fosfato hidratado	$\text{Bi}_2(\text{PO}_4)_2\text{O}(\text{OH})$	4,5	4,5	-	-	-	●	-	-	-	-
MSE petitjeanite	PETI	fosfato	$\text{PbAl}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	4,5		-	-	-	●	-	-	-	-
LB goethite	GOE	oxi-hidróxido	$x\text{FeO}(\text{OH})$	5,5	4,2								
DRX hidrotungstite	Htung	tungstato	$\text{H}_2(\text{WO}_4) \cdot (\text{H}_2\text{O})$	2	4,6	-	-	-	?	-	-	?	?
DRX jarosite	JAR	hidroxi-sulfato	$\text{KFe}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2$	2,5-3,5	3,09	-	-	-			-		
DRX/MEV schwertmannite	SCW	hidroxi-sulfato	$\text{Fe}_8\text{O}_{14}(\text{OH})_4(\text{SO}_4)_2$	2,5	3,88	-	-	-	-	-	-		
DRX ferrihydrite	FERRI	oxi-hidróxido	$5\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$		3,8	-	-	-	?	?	-	?	?
MEV ferrinatrinite	FERN	sulfato hidratado	$\text{Na}_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 3(\text{H}_2\text{O})$	2,5	2,6	-	-	-	-	-	-	-	●
LB limonite	LIM	oxi-hidróxido		5,0	4								
ED/DRX mimetite	MIM	arsenato	$\text{Pb}_3(\text{AsO}_4)_2\text{Cl}$	4	7,24	-	-	-		*	-		
MSE ouripimente	OURI	sulfureto	$\text{As}_2\text{S}_3$	2,0	3,5	-	-	-	-	●	-	-	-
LB/DRX gesso	GES	sulfato hidratado	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2-3	2,3	-	-	-			-		
DRX rozenite	ROZ	sulfato hidratado	$\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	2-3	2,19	-	-	-	-	-	-		
DRX melanterite	MEL	sulfato hidratado	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2	1,89	-	-	-	-	-	-		
MSE fogenite	FOG	carbonato	$(\text{PbCl})_2\text{CO}_3$	2,5	6,12	-	-	-	●	-	-	-	-
LB piromorfite	PIRO	fosfato	$\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2\text{Cl}$	4	7	-	-	-		-	-	-	-
DRX realgar	RE	sulfureto	AsS	2,0	3,5	-	-	-	-	●	-	-	-
DRX rockbridgeite	ROC	fosfato	$\text{FeFe}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2$	4	3,6	-	-	-	-		-		
DRX segnitite	SEGN	arsenato	$\text{PbFe}_2(\text{AsO}_4)_2(\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$	4	4,2	-	-	-			-		
DRX/MSE scorodite	SCOR	arsenato	$\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	4	3,2								?

SIMBOLOGIA: Tons mais escuros correspondem a uma maior abundancia da espécie ou grupo mineral - não detectado; + documentado mas não identificado claramente; ? persistiram dúvidas na identificação; ● amostra pontual (microanálise)

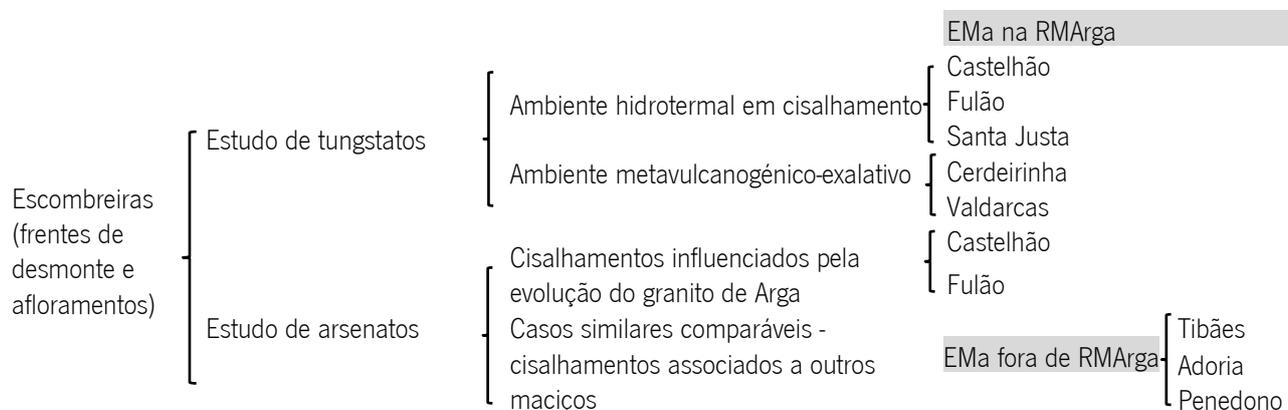
O presente inventário mineralógico permitiu destacar minerais preponderantes e discriminantes dos vários EMA, sem a pretensão de abranger a diversidade mineralógica total das escombreiras da RMArga. Muito embora o índice de

abundância de espécies não expresse uma relação quantitativa directa entre os minerais, a presença ou ausência pode sugerir associações paragenéticas típicas dos depósitos e seus encaixantes:

- **aplitopegmatitos, de tipo LCT**, com veios hidrotermais associados; em que as paragéneses primárias são quartzo-feldspáticas com cassiterite e minerais de Li e incluem raramente sulfuretos; em zonas localizadas, de reactivação tardia, os sulfuretos podem ter expressão significativa; as rochas encaixantes são de tipo metassedimentar a metavulcânico (BALOUCA, MONTEIRO e CABANAS);
- **hidrotermais filonianos ou venulares relacionadas com zonas de cisalhamento** em que as paragéneses primárias incluem quartzo, tungstos e sulfuretos; a arsenopirite está sempre presente e pode ser um dos sulfuretos mais abundantes; as rochas encaixantes são de tipo metassedimentar a metavulcânico (FULÃO e STA JUSTA) e granitóides (CASTELHÃO).;
- **metassomatitos em associações protolíticas vulcanogénicas e sedimentares exalativas**, onde as paragéneses portadoras de mineralização tungstífera incluem sulfuretos maciços (pirrotite >> pirite > arsenopirite), ocorrendo ainda sulfatos primitivos (Ca, Ba) (CERDEIRINHA).

## V.2. CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA EM ESCOMBREIRAS

As paragéneses atribuíveis a cada ambiente de formação ou EMA, motivaram estudos específicos dedicados aos grupos de minerais - tungstos e arsenatos:



O primeiro estudo teve em vista a discriminação de tungstos dos ambientes de formação hidrotermal em zonas de cisalhamento e em ambientes metavulcanogénico-exalativos, deduzindo o seu carácter singenético e/ou epigenético. Consideraram-se tungstos primários e secundários, nos diversos processos de alteração metassomática e supergénica. Caracterizaram-se fases minerais, intercrescimentos e modos de contacto, bem como, padrões de zonalidade em imagens de contraste de número atómico, em MSE - ER. A microanálise pontual foi precedida da observação e selecção de sítios em microscopia óptica de luz reflectida, e em lupa binocular com luz UV, seguindo o protocolo analítico indicado na **Figura II.8 do Capítulo II**.

No estudo sistemático de arsenatos atendeu-se particularmente às scorodites, relacionadas com arsenopirites de ambientes metalogenéticos hidrotermais. Pretendeu-se reconhecer variabilidades a vários níveis de organização: 1)

morfologia dos cristais e agregados cristalinos; 3) zonalidade cromática macroscópica; 4) inclusões; 5) modos de contacto e fenómenos epitáxicos específicos. As composições químicas e variações de elementos traço foram determinadas por análise pontual em MSE. Para caracterização das condições de precipitação foram obtidas amostras de água em escorrências superficiais sobre as áreas de escombrelas com ocorrência de arsenatos mais ou menos extensiva.

Neste estudo achou-se ainda pertinente a comparação com outros EMA fora da RMArga, com características afins e possível similitude estrutural e genética.

### V.2.1. ESTUDO MINERALÓGICO DE TUNGSTATOS – QUADRO TEÓRICO

A diversidade de tungstos presentes na RMArga inclui termos singenéticos, epigenéticos e supergénicos. Podem referir-se metamorfitos, metassomatitos, veios de segregação, veios hidrotermais e detritos de acumulação residual e de evolução química como portadores mais ou menos produtivos de W.

No decurso do inventário em escombrelas e frentes de desmonte, nas amostras de mão e sedimentos densos, foram reconhecidas ocorrências de tungstos que integram os grupos estruturais que cristalizam nos sistemas: **tetragonal** - scheelite ( $\text{CaWO}_4$ ); stolzite ( $\text{PbWO}_4$ ); **monoclínico** - ferberite ( $\text{FeWO}_4$ ); huebnerite ( $\text{MnWO}_4$ ); volframite [ $(\text{Fe},\text{Mn})\text{WO}_4$ ]; raspite ( $\text{PbWO}_4$ ); hidrotungstite [ $\text{H}_2(\text{WO}_4) \cdot \text{H}_2\text{O}$ ] e **ortorrômbico** - tungstite ( $\text{WO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ).

A volframite representa numa série isomórfica completa entre  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$ . De acordo com **Palanche *et al.* (1951)** a substituição diadómica de Fe e Mn admite: na **hübnerite** - Fe (0 - 0,2), Mn (1 - 0,8); na **ferberite** - Fe (0,8 - 1), Mn (0,2 - 0); na **volframite** - Fe (0,2 - 0,80), Mn (0,8 - 0,2). O quociente (Mn, Fe) : W em átomos por fórmula unitária (APFU) é 1:1.

$\text{FeWO}_4$  e  $\text{MnWO}_4$  possuem miscibilidade completa a elevada temperatura, podendo admitir concentrações baixas de Ca na posição de (Fe, Mn). Os catiões com raios iónicos  $< 0,90 \text{ \AA}$  podem ser, preferencialmente, incorporados na estrutura da volframite na posição do  $\text{Fe}^{2+}$  (0,76Å) e do  $\text{Mn}^{2+}$  (0,80Å). É o caso de  $\text{Mg}^{2+}$  (0,65Å),  $\text{Zn}^{2+}$  (0,74Å);  $\text{Co}^{2+}$  (0,74Å) e  $\text{Cd}^{2+}$  (0,97Å). O W ocorre no estado hexavalente (0,68Å) e, na volframite, possui coordenação octaédrica, podendo ser substituído pelos catiões:  $\text{Mo}^{6+}$  (0,62Å),  $\text{Nb}^{5+}$  e  $\text{Ta}^{5+}$  (0,70Å),  $\text{Sn}^{4+}$  (0,71Å) e  $\text{Ti}^{4+}$  (0,68 Å) (**Goldmann *et al.*, 2013**).

Atendendo à estrutura cristalina, os catiões maiores  $\text{Ca}^{2+}$  (0,99Å),  $\text{Sr}^{2+}$  (1,13Å),  $\text{Pb}^{2+}$  (1,20Å) e  $\text{Ba}^{2+}$  (1,35Å), são incorporados preferencialmente em estruturas do tipo scheelite, por outro lado, catiões menores como  $\text{Mg}^{2+}$  (0,72 Å) e  $\text{Zn}^{2+}$  (0,74 Å) incluem-se preferencialmente nas estruturas do tipo volframite. Assim, a substituição de Ca e Pb na estrutura da volframite parecem pouco provável pela diferença dos seus raios iónicos relativamente ao do Fe e Mn.

Em trabalhos experimentais **Grubb (1967)** refere que a solução sólida entre  $(\text{Fe},\text{Mn})\text{WO}_4$  e  $\text{CaWO}_4$  pode ocorrer a temperaturas próximas de 700°C. Por sua vez, **Hsu (1981)** reconheceu que as substituições mútua entre  $\text{Ca}^{2+}$  - / $\text{Mn}^{2+}$ /  $\text{Ca}^{2+}$  /  $\text{Fe}^{2+}$ s são limitadas nos tungstos, verificando-se que a textura do cristal hospedeiro é condicionada por um processo de recristalização compósita de pelo menos duas fases.

Se as temperaturas de formação de um dado depósito estiverem abaixo do limite de miscibilidade do Fe ou Mn, podem ocorrer intercrescimentos de ferberite e hübnerite ou a sua solução sólida em volframite (**Ramdohr, 1969**).

Variações na concentração de Ca em solução, podem levar à formação de scheelite por alteração da volframite; o inverso já havia sido descrito, tomando a designação de *reinite* (**Ramdohr, 1969**).

O nome reinite, segundo **Sahama (1981)** aplica-se a uma variedade de ferberite pseudomórfica após scheelite, que exibe uma forma cristalina tetragonal bipiramidal. A composição em elementos traço na reinite foi estudada por **Goldmann *et al.* (2013)**, com vista à compreensão de fenómenos de miscibilidade e remobilização metálica.

A ocorrência de reinite é relativamente rara, foi identificada pela primeira vez em Kimbosan (Japão), por Johannes Justus Rein (1835-1918) (**Li e Wang, 1947; Palanche *et al.*, 1951**). Em Portugal foi referida para o Domo de Covas (nas áreas mineiras de Valdarcas, Fervença e Cerdeirinha) (**Cotelo Neiva *et al.*, 1956; Bayer, 1968; Coelho, 1993; Leal Gomes *et al.*, 2011; Dias, 2012**) e ainda para os depósitos de Fe-W do Marão (minas de Campeã) e no depósito de Lagoaça (**Cotelo Neiva *et al.*, 1956**).

Neste estudo, tem particular interesse a alusão à reinite, por constituir uma fase mineralógica recorrente entre os minérios apurados em rejeitos dispersos e arrastados nos cursos de água e, nas frentes de desmonte das antigas explorações do Domo de Covas – metalogeneticamente relacionado com ambientes vulcanogénicos a exalativos – aqui representados nas amostragens do EMa da Cerdeirinha (Ci, **Tabela V. 6**).

A reinite é frequente em algumas jazidas da África Central, com cristais de dimensões até 15 ou 20 cm de comprimento segundo **c (Sahama, 1981)**. As texturas de alteração daquelas reinites incluem: núcleos criptocristalinos, com pontuações amarelas claras de composição mineralógica pouco definida, por vezes designada de “ocre túngstico”. Este material surge muitas vezes enclausurado próximo do bordo ferberítico, podendo desenvolver vénulas dirigidas ao núcleo.

**Sahama (1981)** discute a origem das pseudomorfozes, partindo do ciclo geoquímico do W, considerando que a sua cristalização ocorre nos estágios finais magmáticos, pegmatíticos ou hidrotermais; segundo os Autores citados por **Sahama (1981)** podem considerar-se as seguintes hipóteses:

- origem singenética relacionada com rochas metassedimentares hospedeiras dos depósitos de W (**Pargeter, 1956; Jedwab, 1958; Van Wambeke, 1976**);
- origem mista, o W terá sido extensamente adsorvido nos sedimentos argilosos pela matéria orgânica, evoluindo para xistos grafitosos (**Reedman, 1973**) e hidróxido de ferro (**Jeffery, 1959**), nos estágios iniciais de metamorfismo terá sido re-mobilizado e cristalizado sob a forma de scheelite, invertendo depois para ferberite e “ocre túngstico” (**Barnes e Pargeter, 1953**);
- origem epigenética, relacionada com cúpulas graníticas abaixo dos níveis metassedimentares hospedeiros (**Frisch, 1975**).

Recentemente, **Goldmann *et al.* (2013)** apresentam uma reacção para a transformação pseudomórfica de scheelite em ferberite:



Segundo **Goldmann *et al.* (2013)**, a reacção de substituição, designada como ferberitização, pode ser explicada pelos mecanismos: **1)** diminuição da relação Ca/Fe dos fluidos mineralizantes em contacto com o depósito, variação na concentração de cloreto no fluido, diminuição da temperatura e mudança na pressão (o pH dos fluidos teria um efeito

condicionador da estabilidade relativa de scheelite e ferberite); 2) durante a pseudomorfização da ferberite após scheelite, os sulfuretos de Fe presentes no depósito e hospedeira seriam alterados, com o aumento da concentração de Fe no fluido.

A conservação morfológica dos cristais de scheelite, permite a reacção de substituição a partir da margem do cristal para o centro, segundo as orientações cristalográficas da scheelite e resultando daí texturas em rede (*network*) e cavidades (*boxwork*) nas pseudomorfoses (Sahama, 1981; Goldmann *et al.*, 2013).

A diferença dos volumes molares entre ferberite (40,38 cm<sup>3</sup>/mol) e scheelite (47,05 cm<sup>3</sup>/mol) leva a que a reacção de substituição resulte no desenvolvimento de poros ou cavidades, favorecendo estados de reacção/precipitação posteriores. A ferberite pseudomórfica pode ser precedida por uma segunda geração de ferberite (euédrica ou fibrosa) que preenche *boxworks* em crescimento livre (Sahama (1981)). A textura da ferberite tardia pode indicar um crescimento por sobressaturação nos fluidos hidrotermais, possivelmente durante a fase tardia de cristalização de sulfuretos. Os poros que, por sua vez, ficam entre os cristais de ferberite tardia são referidos como ambientes propícios para a deposição de tungstatos secundários como produtos de alteração (Goldmann *et al.*, 2013), similares aos descritos por Sahama (1981).

Entre os tungstatos estudados, reconheceu-se maior persistência de tungstatos secundários – tungstite e hidrotungstite – nas amostras detriticas – cristais de reinite ou agregados – em preenchimentos ou recobrimo-os sob a forma de pátinas muito finas, sobre as quais foi possível fazer DRX em pós relativamente impolutos.

A formação de tungstatos secundários dentro das reinites pode decorrer de processos de alteração hidrotermal e de alteração supergénica, as hipóteses explicativas são as seguintes (Goldmann *et al.*, 2013): 1) reacção de recristalização incompleta da ferberite, em que foi preservada scheelite na textura e em *boxwork*, esta vai depois evoluir para tungstatos secundários de muito baixa cristalinidade; 2) reacção ferberítica completa resultando poros, em que o carácter poroso e o tamanho dos cristais de ferberite de segunda geração, constituem microambientes de forte alteração, quando comparada com ferberite maciça.

Também em amostras com paragénese com volframite e scheelite, de ambientes hidrotermais, na dependência de zonas de cisalhamento polifásicas, se reconheceram tungstatos secundários em MSE. Nestas amostras a paragénese além de incluir volframite e scheelite, revelou ainda tungstatos de Pb – stolzite e raspite, em cavidades miarolíticas.

A complexidade deste tipo de sistemas foi abordada por Chang (1967 *cit por* Hsu,1981) em ensaios experimentais com temperaturas de 550° a 1150°C, sob pressão atmosférica em condições anidras, reconhecendo relações de fases em *subsolidus* de tungstatos com catiões bivalentes (Ca-Pb). O Autor refere uma solução sólida completa entre CaWO<sub>4</sub> e PbWO<sub>4</sub> acima de 815°C, e um intervalo amplo de imiscibilidade abaixo dessa temperatura.

Chang (1967) relativamente ao sistema CaWO<sub>4</sub>- MnWO<sub>4</sub>, refere baixa compatibilidade para a solução sólida, que ocorreria a temperaturas acima de 1100°C.

A stolzite (PbWO<sub>4</sub>) é tetragonal, a raspite, dimorfica da stolzite, é monoclinica e a sua densidade é 6% superior à stolzite (Hsu, 1981). A raspite pode sofrer inversão para stolzite a 400°C (Shaw e Claringbull, 1955).

A partir de estudos experimentais, simulando condições PT hidrotermais, Hsu (1981) concluiu que a precipitação dos diferentes tungstatos pode ser determinada tanto pela disponibilidade química dos seus constituintes, como pelas

ligações estruturais específicas dos catiões bivalentes – Ca e Pb. A variação de Zn e Pb nas soluções mineralizantes condiciona a ocorrência de soluções sólidas  $\text{CaWO}_4$ - $\text{PbWO}_4$  na natureza.

As soluções sólidas entre os tungstatos monoclinicos e os tungstatos tetragonais são explicadas pela semelhança do grupo catiónico. Se os factores de controlo forem raio iónico e electronegatividade podem admitir-se soluções sólidas, preferencialmente entre tungstatos de Ca e Pb, em relação ao que sucede entre Ca e Mn, muito embora as soluções sólidas entre Ca e Mn sejam frequentes em silicatos (por exemplo grossulária e espessartite) (Hsu, 1980).

### V.2.1.1. Tungstatos na RMArga

O critério de selecção dos EMa para o estudo dos tungstatos teve em consideração um espectro alargado de condições de deposição do W, obtendo-se amostras de mão e concentrados densos representativos das várias paragénese e ambientes de formação (Tabela V. 6).

**Tabela V. 6.** Paragénese em amostra de mão e concentrado denso de diferentes tipos de mineralizações tungstíferas. Ambientes genéticos estudados em Dias e Leal Gomes (2010); Leal Gomes *et al.* (2011) e Dias (2012).

EMa	AMBIENTE GENÉTICO	ESTADOS DE MINERALIZAÇÃO W	MINERAIS PRIMÁRIOS	ESTRUTURAS DE TRANSIÇÃO
Castelhão	hidrotermal em <i>crack-seal</i> de zona de cisalhamento	hipogénica epigenética	volframite, tungstite, arsenopirite, pirite, blenda, cassiterite	<i>boxwork</i> em pirite, arsenopirite e blenda – transição hipogénico-supergénica
Fulão (Cavalinho - Ribeiro do Salgueiro)	hidrotermal em <i>crack-seal</i> de zona de cisalhamento	epigenético a supergénico	volframite, scheelite, arsenopirite, pirite, blenda, galena, calcopirite, galena, bismutinite, esquimoite, argentite, cosalite, Bi nativo, <i>electrum</i> , ouro nativo, fluorite, clorite	sucessão de mineralizações hipogénicas - W, Fe, Zn (I), As => As, Fe, Au ( <i>crack-seal</i> ) => Fe, Zn (II), Cu => Pb, Bi, Ag (miarolítico) => F, K, Fe, Mn
Santa Justa-Estorãos	hidrotermal em <i>échellon</i> de zonas de cisalhamento afectado por granito e xisto	epigenético a supergénico	volframite, scheelite, arsenopirite, pirite, marcassite, lollingite, F-apatite	<i>crack-seal</i> a <i>comb</i>
Cerdeirinha	metassomático após pré-concentração em protólito vulcanogénico com possível afinidade protogénica SEDEX, com <i>cap-rock</i> e travertino retrabalhado em rocha meta-carbonatada siliciosa e predomínio de calcite e idocrase	singenética a epigenética e supergénica	volframite, scheelite, ferberite, pirite, pirrotite, arsenopirite, marcassite, F-apatite, anfíbola, granada, oligoclase, escapolite, zeólitos, idocrase, diópsido, epidoto, volastonite	<i>smockers</i> , <i>pillows</i> e <i>canais</i> entre sulfuretos e <i>green-silica-rock</i>
Valdarcas	metassomático após pré-concentração em protólito vulcanogénico com possível afinidade protogénica SEDEX	singenética a epigenética e supergénica	volframite, scheelite, ferberite, pirrotite, arsenopirite, marcassite, F-apatite, anfíbola, granada, oligoclase, escapolite, idocrase, epidoto diópsido, volastonite, bismutinite, pirite, calco-pirite, blenda, galena	<i>massa de hematite especular (condições oxidantes)</i> => <i>massa de sulfuretos + apatite + scheelite (condições redutoras)</i> e <i>pseudomorfose de ferberite após scheelite (condições oxidantes localizadas)</i>

Pretendeu-se estudar a remobilização e eventual reciclagem do W ao nível das respectivas mineralizações, detectando alvos de sequestro geoquímico e paragenético, anomalias ou assinaturas metálicas representativas dos ambientes genéticos em causa. Tentou-se determinar o alcance das metalizações nos sucessivos suportes paragenéticos, com vista ao estabelecimento da sequência paragenética e da estrutura global de fixação geoquímica do *stock* metalífero de W.

Foram realizadas superfícies polidas em provetes ( $\varnothing=25\text{mm}$ ) de amostras poliminerálicas para o estudo da paragénese em MOLR e ainda superfícies polidas em provetes ( $\varnothing=40\text{mm}$ ) com cristais seleccionados de cavidades miarolíticas e *boxwork* em amostras de mão e com grãos seleccionados de concentrados de roços em litologias calcossilicatadas.

#### V.2.1.2. Análise paragenética e composicional de tungstatos de ambientes vulcanogénicos exalativos

Os ambientes vulcanogénicos a exalativos identificados em Dias e Leal Gomes (2010); Leal Gomes *et al.* (2011) e Dias (2012) estão representados pelas amostras da Cerdeirinha (Ci; C11; C12; C7) e Valdarcas (V3, V10), ilustrados na Tabela V. 7.

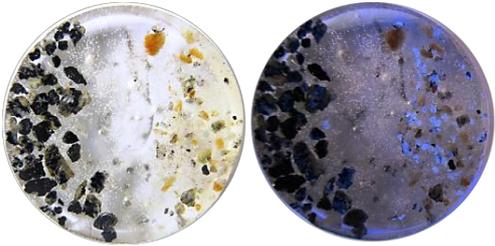
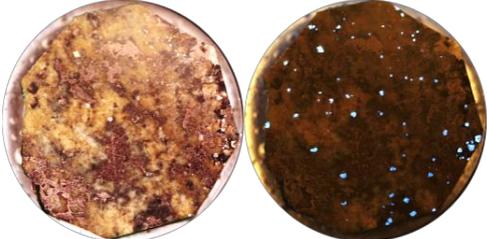
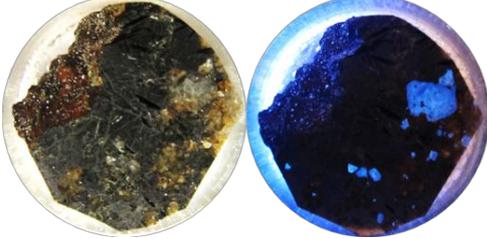
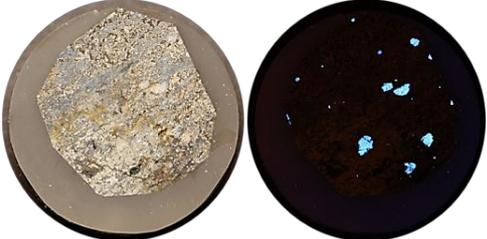
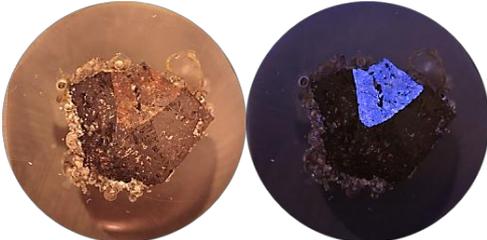
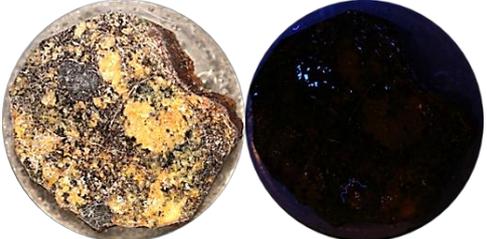
A amostras da Cerdeirinha foram colhidas na frente de desmonte da corta principal. Incluíam litologias com sulfuretos (pirite, pirrotite, arsenopirite, marcassite), fosfatos (F-apatite), silicatos (anfíbola, granada, oligoclase, escapolite, idocrase, dióxido, epidoto, volastonite), óxidos (hematite, ilmenite) e hidróxidos (goethite e limonites), portadores de volframite, ferberite e scheelite em proporções variáveis (Tabela V. 7).

Nas amostras de material desagregado, obtido em roço, a granulometria seleccionada para obter os concentrados foi  $< 5\text{ mm}$ , correspondentes à amostra Ci (Tabela V. 7).

Os grãos seleccionados a partir dos concentrados de bateia distinguem-se mineralogicamente em função da sua granulometria:

- > 4mm - pseudomorfoses de ferberite após scheelite (reinites), algumas das quais com aspecto zonado em observação à LB, com intercrescimentos de sulfuretos, cavidades preenchidas com eflorescências e algumas pátinas de alteração;
- < 2mm - scheelites, algumas das quais em cristais bipiramidais perfeitos, outras constituindo agregados em rosário, com evidências de pseudomorfose incipiente, ou associadas a agregados pirrotíticos.

Tabela V. 7. Caracterização das amostras seleccionadas para o estudo dos tungstatos de ambiente vulcanogénico exalativo.

EMa	OBSERVAÇÕES (Lupa Binocular   MOLR) (estimativa visual dos conteúdos de tungstatos)	AMOSTRA Observada em Luz Natural e Lupa Binocula: Luz Natural   Luz Ultra Violeta	(diâmetro do provete)
<b>CERDEIRINHA</b>			
	<p><b>Ci</b> Grãos densos (concentração hidrogravítica de material colhido em frente de desmonte) com intercrescimentos macroscópicos de scheelite e ferberite pseudomórfica (<i>reinite</i>), mais ou menos extensiva, associados a agregados de sulfuretos (&lt;5% SCH; &gt;50% FERB - grãos escuros à esquerda do provete)</p>		(Ø=40mm)
	<p><b>C11</b> Esquírola de rocha calcossilicatada, com scheelite disseminada (&gt;7% SCH; &lt;5% VOLF; &lt;3%FERB)</p>		(Ø=25mm)
	<p><b>C12</b> Esquírola de agregado com sulfuretos e seus produtos de evolução hidrotermal a supergénica, com scheelite associada, sendo relevante a ocorrência de hematite especular (&lt;20% SCH; &gt;5% VOLF)</p>		(Ø=25mm)
	<p><b>C7</b> Esquírola de uma associação de sulfuretos maciços com intercrescimentos macroscópicos de apatite; observa-se volframite lamelar cortada por calcopirite e secções de pseudomorfozes de ferberite após scheelite (&lt;10% SCH; &gt;15% VOLF; &lt;5%FERB)</p>		(Ø=25mm)
<b>VALDARCAS</b>			
	<p><b>V3</b> Esquírola de sulfureto maciço com lamelas intersectais de ilmenite, volframite e hematite; observa-se um grande inclusão de scheelite, por sua vez, com inclusões de alta reflectância. (40% SCH; &lt;3% VOLF)</p>		(Ø=25mm)
	<p><b>V10</b> Esquírola siliciosa com scheelite compósita, arsenopirite e pirite inclusa e intercrescida. (&lt;3% SCH; &gt;5% VOLF)</p>		(Ø=25mm)

Em cristais zonados, pela observação em MSE, as fases mais escuras, correspondentes à composição ferberítica, posicionavam-se em torno da fase mais clara, corresponde à composição da scheelite (Figura V. 2A). A ferberite manifestava zonamento oscilatório, enquanto na scheelite este parecia menos perceptível (Figura V. 2B).

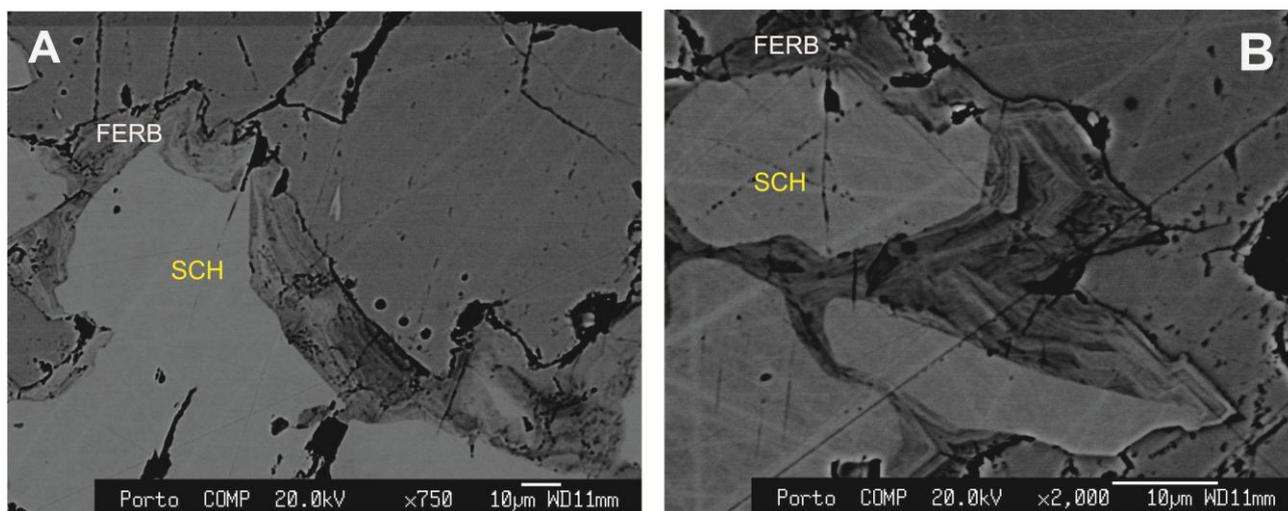


Figura V. 2. Aspectos de transição entre scheelite (SCH) e ferberite (FERB) em grãos zonados do concentrado de bateia da Cerdeirinha.

A transição entre estes tungstatos sugere, em algumas imagens de contraste de fase, um desequilíbrio geoquímico: núcleo meta-estável e bordo com estabilidade oscilatória (Figura V. 2B), corroborado pelas análises pontuais C1n2 (núcleo-SCH) e C1n1 (bordo-FERB) (Tabela V. 8). Este desequilíbrio pode indicar a transformação de scheelite para ferberite (ferberitização).

Tabela V. 8. Análises pontuais (APFU) em grãos de volframite e scheelite da Cerdeirinha, relações (Fe + Mn + Ca) /W e (Fe+ Mn) NOTA: composições da fase volframite - linhas brancas; da fase scheelite - linhas sombreadas; análises em grãos de pseudomorfose (C1n1; C1n3; C1n7; C1n9 e C1n10). Fórmula estrutural calculada com base em 40. (-) valor inferior ao limite de detecção. Análises química no ANEXO VII.

	Ca	Fe	Mn	W	Pb	Bi	Al	Mo	Dy	(Fe+Mn+Ca)/W	(Fe+Mn)
C1n1	0,0021	0,6260	0,3264	1,0141	0,0004	0,0004	0,0015	-	-	0,9412	0,9524
C1n2	1,0553	0,0010	0,0024	0,979	-	0,0020	0,0009	-	-	1,0814	0,0034
C1n3	0,0019	0,7113	0,2347	1,0159	0,0009	0,0023	-	-	-	0,9331	0,946
C1n4	1,0752	0,0019	0,000	0,9735	-	0,0016	-	-	-	1,1064	0,0019
C1n5	0,0003	0,7254	0,2291	1,0144	-	0,0006	0,0007	-	-	0,9412	0,9545
C1n6	0,0026	0,7230	0,2292	0,9998	-	0,0009	0,0012	0,0004	0,0278	0,9550	0,9522
C1n7	0,0059	0,9886	0,0001	1,0009	-	0,0016	0,0001	-	-	0,9937	0,9887
C1n8	1,0675	-	-	0,9733	0,0007	0,0023	0,0045	0,0005	-	1,0968	-
C1n9	0,0042	0,6954	0,2526	1,0136	-	0,0015	0,0014	0,0005	-	0,9394	0,948
C1n10	0,0036	0,9892	0,0044	0,9994	-	0,0021	-	0,0005	-	0,9978	0,9936
C1n11	1,0799	-	0,0006	0,9717	-	0,0011	-	0,0009	-	1,1120	0,0006
C1n12	1,0806	0,0054	0,0014	0,9689	0,0005	0,0016	0,0008	0,0006	-	1,1223	0,0068

As análises C1n3 e C1n9 (Tabela V. 8) correspondem a pseudomorfoses com Fe + Mn relativamente baixo o que sugere uma alteração incipiente e eventual presença de tungstite ( $WO_3 \cdot H_2O$ ) ou hidrotungstite ( $H_2(WO_4) \cdot H_2O$ ), correspondente ao “ocre túngstico” observado por Sahama (1981) e verificado analiticamente por Goldmann *et al.* (2013).

Dias *et al.* (2010) a respeito destas fases com pouca resolução quantitativa em microanálise (maus fechos) sugerem um fenómeno de hidroxilação ou hidratação da fase ferberítica precoce (ex. C1n7), para o ambiente da Cerdeirinha.

Em todas as análises feitas aos grãos do concentrado da Cerdeirinha foram quantificados elementos traço. Nas ferberites reconheceu-se Al sobretudo, Pb e Mo estão presentes nas duas fases. Na análise de uma volframite (C1n6) (Tabela V. 8) foi identificado ainda um elemento TR (Dy).

Na composição das ferberites e scheelites Bi está presente em conteúdos vestigiais (Tabela V. 8). Reconheceram-se ainda inclusões de Bi nativo (Figura V. 3B e C) tanto na ferberite como na scheelite.

A apatite inclusa na scheelite (Figura V. 3C) tem ela própria, inclusões de scheelite encontrando-se intimamente intercrescida com sulfuretos de Fe. Na Figura V. 3A ilustra-se um agregado pirrotítico com textura colofórmica bandada. A zonalidade na pirrotite pode ser atribuída a fenômenos de oxidação oscilatória com coalescência de grãos de scheelite. Estes grãos revelaram um somatório (F + Mn) elevado e vestígios de Bi, Al, Mo, Pb (análise C1n12, Tabela V. 8).

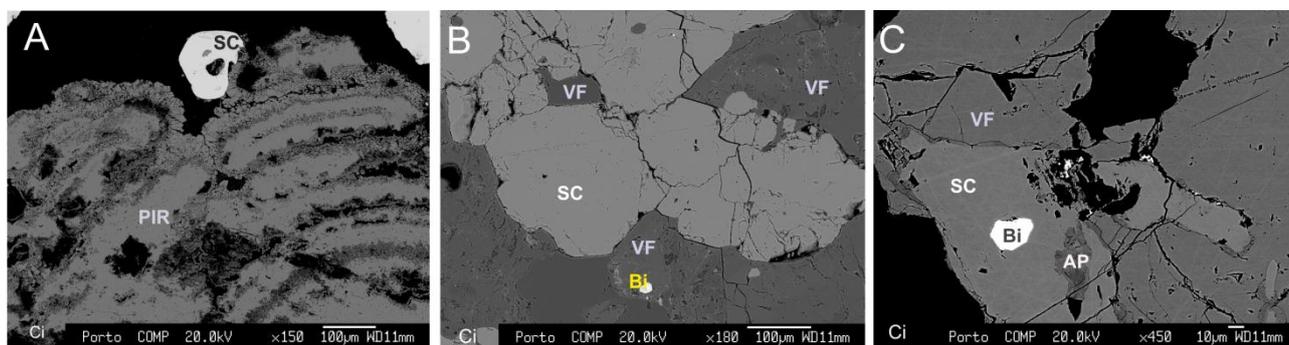


Figura V. 3. Grãos de scheelite em associações pirrotíticas (PIR), intercrescimentos de tungstatos com inclusões (Bi nativo e F-apatite) em grãos seleccionados do concentrado de bateia da Cerdeirinha.

Os grãos de tungstatos que foram alvo de análise inserem-se em níveis litológico diferenciado, ricos em sulfuretos, com paragêneses calcossilicatadas relíquia, cuja ordenação litoestratigráfica foi proposta por (Dias, 2012)

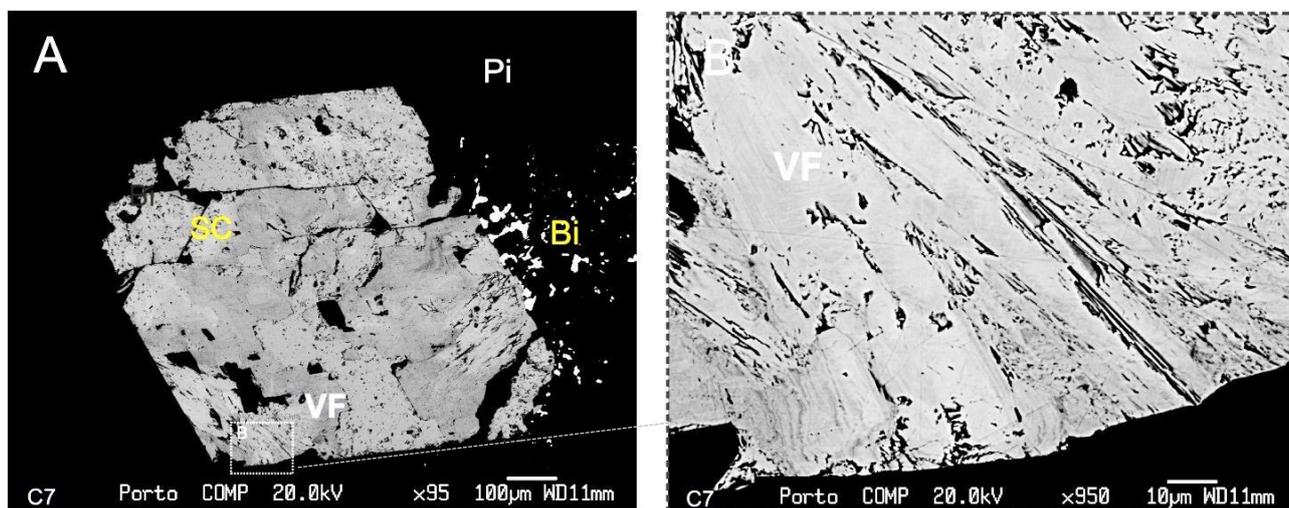
Tabela V. 9. Unidades litológicas da Cerdeirinha, enunciadas de topo para a base, segundo a sequência estratigráfica proposta em Dias (2012). Amostras em estudo, apresentadas na Tabela V. 7. ABREVIATURAS (em índice próprio); \* Leal Gomes *et al.* (2011).

LITOLOGIAS	MINERAIS	FENÓMENOS	MINERALIZAÇÕES	Tabela V. 7
metaquartzofilitos turmalínicos e fácies metapelíticas turmalínicas com leitos de sulfuretos	TUR + APA + Sulf	sulfurização fosfatização	W (SCH + VOLF)	
<i>green-silica rock</i>	QZ + APA + Sulf			
grossularitos	GRO + EPI + CAL + VES			
sulfuretos maciços e paragêneses silicatadas relíquia (alberga dispositivos litificados semelhantes a <i>smokers</i> )*	EPI + DIO + GRO + CAL + ANF + VES + sulfat. (Ca, Ba)	ferberitização hidroxilação(?)	W (SCH + FERB)	Ci C7
plagioclasitos	APA + Sulf			
rochas pelíticas feldspáticas	Sulf			
Skarn	CLO + ANF + GRA + DIO		W, Bi, Te, Au	C11
faixa hiperferrífera	HEM (especular) + ANF + APA + BIO	oxidação	W (SCH)	C12
skarn idocrásico	DIO + CAL			
rochas calcossilicatadas e metacarbonatadas siliciosas	DIO + CAL + VES + EPI + GRO			
mármore - rochas bandadas com leitos calcossilicatados	CAL + VES			

Em amostras de mão de um nível de sulfuretos maciços (pirite e/ou marcassite) foram reconhecidos intercrescimentos macroscópicos de apatite e volframite lamelar precoce cortada por calcopirite (amostra C7, Tabela V. 7). A scheelite ocorre em secções idiomórficas, com diferentes calibres (sub-milimétricas até 3mm).

Na **Figura V. 4** podem observar-se, em imagem de contraste de fase, intercrescimentos de scheelite e volframite em matriz de sulfuretos. Na imagem de pormenor a volframite evidencia fases de alteração (com implicações nos fechos da análise quantitativa).

Foram ainda observadas inclusões de Bi nativo disseminado na matriz de sulfuretos (**Figura V. 4A**).



**Figura V. 4.** Scheelite incluída em sulfuretos maciços da Cerdeirinha. **A** - Secção idiomórfica de scheelite composta; **B** - Intercrescimentos de scheelite (SC) e volframite (VF) com evidências de alteração.

Em litologias hiperferríferas, cuja paragénese permite reconhecer condições específicas de oxidação (Dias, 2012; Tabela V. 9) foi detectada scheelite com inclusões de Bi e sulfuretos (Figura V. 5A), com fracturas preenchidas por calcopirite e sulfureto de Bi, possivelmente a bismutinite, e ainda inclusões isoladas de Bi nativo (Figura V. 5B). Foi reconhecido um arsenato de Fe - a lollingite - incluso na scheelite, no qual se detectou a presença de granada cálcica (Fe - Al) e arsenopirite em sobre-crescimento. Intercrescimentos similares foram identificados por Dias e Leal Gomes (2010) e Dias (2012) em anfibolitos de localização próxima ao Domo de Covas. Os Autores associam aqueles intercrescimentos, que incluem também a pirrotite, a condições de deposição a alta temperatura. Propõem também que a scheelite se relaciona preferencialmente com a alteração carbonatada sucedânea que afecta as rochas básicas anfibolíticas de afinidade alcalina. Nos exemplares metassomatizados onde ocorria scheelite mais abundante, a presença de fluorite era persistente.

Na paragénese do depósito de Covas, designadamente nos níveis mais ricos em pirrotite Dias (2012) também identifica inclusões de galena no interior de arsenopirite com zonalidade oscilatória e inclusões de Bi nativo em biotite. A Autora considera, contudo, que a volframite persiste como principal portador de Bi, identificando além do Bi nativo um portador simultaneamente rico em F e Fe que assumiu poder tratar-se de uma possível zavaritskite (BiOF).

No estudo Leal Gomes *et al.* (2011), foi identificado num nível de sulfuretos maciços da Cerdeirinha conteúdos assinaláveis de Au na arsenopirite.

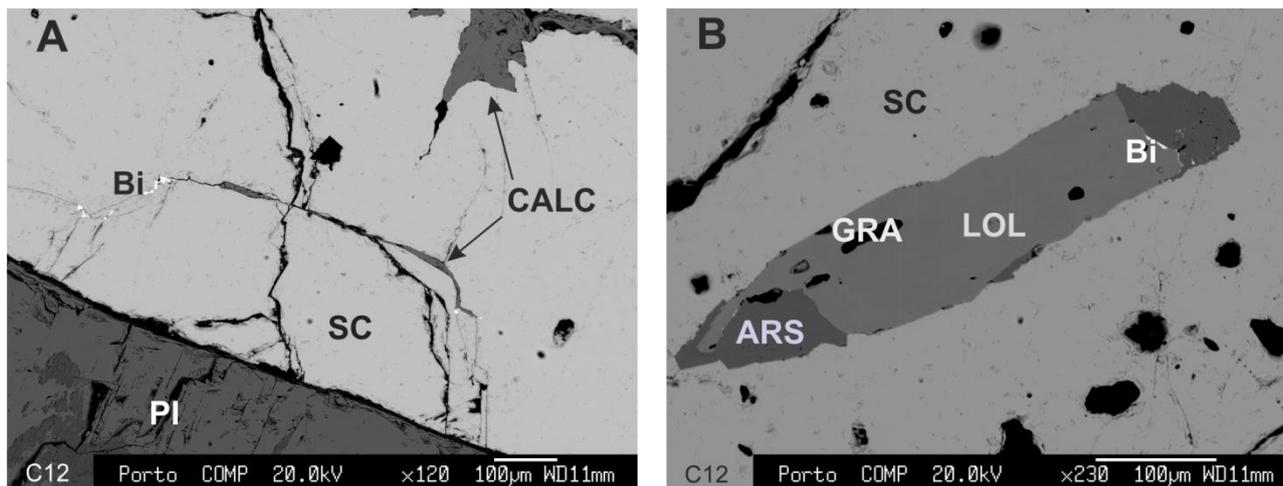


Figura V. 5. Inclusões em scheelite compósita (SC), matriz em sulfuretos maciços da Cerdeirinha. A- Inclusões de sulfuretos: calcopitite (CALC); bismutinite (?) (Bi); B- Inclusões de arsenato lolingite (LOL) com epitaxia de arsenopirite (ARS) e inclusões de granada cálcica (GRA).

Os intercrescimentos entre sulfuretos e tungstatos, bem como as inclusões de Bi nativo em scheelite, volframite e granada tinham sido já descritas em **Bayer (1968)**, num dos primeiros trabalhos dedicados à análise paragenética deste depósito. Entre as principais observações petrográficas, o Autor estabelece uma cronologia para a distribuição do W que foi posteriormente revista em **Coelho (1990)** (Tabela V. 10).

**Dias (2012)** sobre as pseudomorfoses de ferberite após scheelite reconheceu aspectos texturais, nomeadamente núcleos de pseudomorfoses incompletas, referindo uma scheelite intercrescida com volframite possivelmente precoce.

Tabela V. 10. Cronologia para os suportes mineralógicos de W no depósito do Domo de Covas, proposta de **Bayer(1968)** e revista por **Coelho (1990)**.

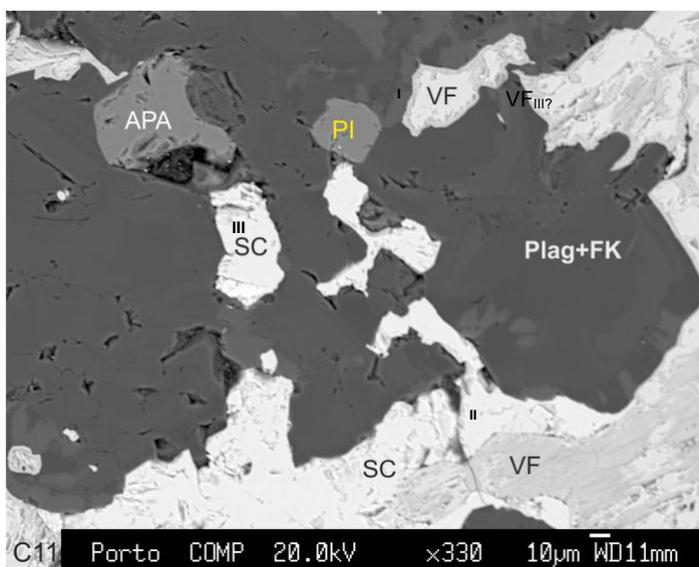
Volframite I	Suporte aplito-pegmatítico com pirrotite associada (volframite única, presente no <i>endoskarn</i> , <b>Coelho, 1990</b> )	Componente <b>hübnerítica</b> mais pronunciada - ferberitizada na bordadura
Volframite II		Componente <b>hübnerítica</b> mais pronunciada - moldada pela scheelite
Volframite III		Componente <b>hübnerítica</b> mais pronunciada - corroída pela pirrotite
Volframite IV	Skarn com piritite abundante	Componente <b>ferberítica</b> mais pronunciada Pseudomorfose de ferberite após scheelite - periférico às Mn-volframites
Scheelite I Muito Rara	Níveis calcossilicatados (com volastonite e idiocrase)	Muito birrefringente Associação com fluorite
Scheelite II Mais expressiva	Skarn	Idiomórfica, com fragmentação e corrosão na periferia Pseudomorfizada por ferberite (quando em matriz de sulfuretos)
Scheelite III Mais disseminada e discreta	Níveis de plagioclase-apatite	Epitáxica em torno da Volframite IV

Relativamente aos sulfuretos, **Bayer (1968)** distingue estruturalmente duas pirrotites: hexagonal (precoce) e monoclinica (tardia). A arsenopirite de tendência idiomórfica tem maior expressão nos skarns (maior granulometria e quantidade), enquanto nos níveis de sulfuretos é mais discreta, dando lugar à pirrotite e à piritite e marcassite, estas duas, por vezes formadas a expensas da primeira.

Por seu turno, a pirite apresenta, segundo **Bayer (1968)** e **Coelho (1990)** texturas distintas: **1)** *bird-eyes* como resultado de instabilização da pirrotite e em associação com marcassite; **2)** esferoidal bandado, tardio. Surge ainda marcassite no bordo da pirite e blenda, neste estudo, em associação com a calcopirite.

Análises pontuais em MSE sobre a pirite com textura do tipo *bird-eyes* encontram-se em **Dias (2012)**, identificando um valor médio de 13 para a relação Co/Ni, o que sugeria condições de formação vulcanogénica.

Os aspectos paragenéticos e texturais acima referidos têm sido identificados neste estudo. As texturas de substituição, expressas nas imagens de contraste de fases em MSE, permitem reconhecer que os processos de substituição, nomeadamente ao nível dos tungstatos (que se vêm designando como *ferberitização*) não são muito extensivos.



**Figura V. 6.** Volframitas compostas (VF) e scheelite (SC) em associação com plagioclase e apatite (APA) em litologias silicatadas

Na amostra C12 (suporte litológico descrito na **Tabela V. 7**), a imagem de contraste de fase em MSE (**Figura V. 6**) permite reconhecer as texturas distintas das volframitas I, II e III propostas em **Bayer (1968)** (**Tabela V. 10**), tal como bordos com contraste indiciador da *ferberitização* (VF<sub>I</sub>), moldura de scheelite (VF<sub>II</sub>) e eventual corrosão promovida por sulfuretos (VF<sub>III</sub>). Também, seguindo aquela caracterização, a scheelite apresenta-se muito pouco idiomórfica, podendo corresponder à scheelite III – a mais tardia de **Bayer (1968)** próxima da *ferberitização*.

O sector deste depósito que foi explorado na mina de Valdarças, tem correspondência estratigráfica ao que se apresenta horizontalizado na mina da Cerdeirinha. Em Valdarças encontram-se formações afins estruturalmente verticalizadas pela 3ª fase de deformação Varisca.

As amostras colhidas em materiais desmontados, dispersos de Valdarças correspondem às litologias calcossilicatadas com leitos de grossulária, diópsido, epidoto e com sulfuretos abundantes V3 e V10 (**Tabela V. 7**) incluindo blocos, mais ou menos alterados, com sulfuretos maciços em que se reconheceram lamelas intersticiais de ilmenite, hematite, volframite e inclusões de scheelite composta com granulometria > 5mm (V3), nesta amostra a scheelite no ambiente mais oxidante.

Amostraram-se ainda litologias calcossilicatadas com arsenopirite e pirite e grãos compósitos de scheelite com granulometria <2mm (V10), correspondentes a um ambiente mais redutor.

Observações em MSE, reconheceu-se que a scheelite compósita de menor granulometria e maior dispersão se encontra intercrescida com pirite e bordada por uma volframite metastável (Figura V. 7).

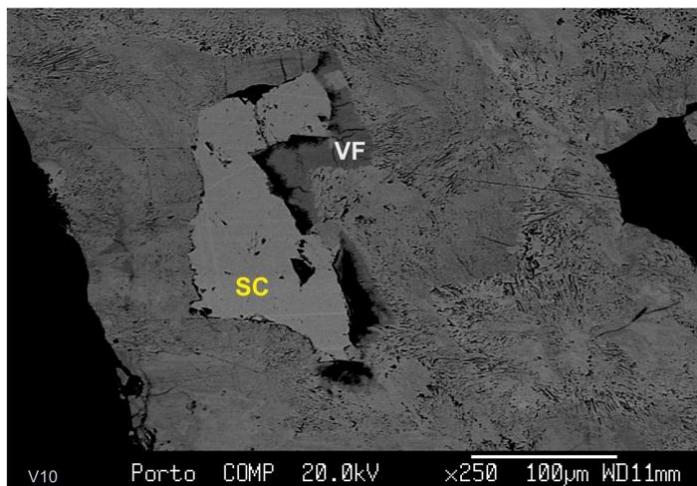


Figura V. 7. Scheelite intercrescida com pirite, com bordo de volframite, litologias calcossilicatadas de Valdarca.

O desenvolvimento de texturas de substituição depende da composição química e da morfologia ou estrutura da fase substituída. Na Tabela V. 11 apresentam-se fórmulas químicas, a partir de microanálise em MSE, sobre fases de W que terão sido ferberitizadas.

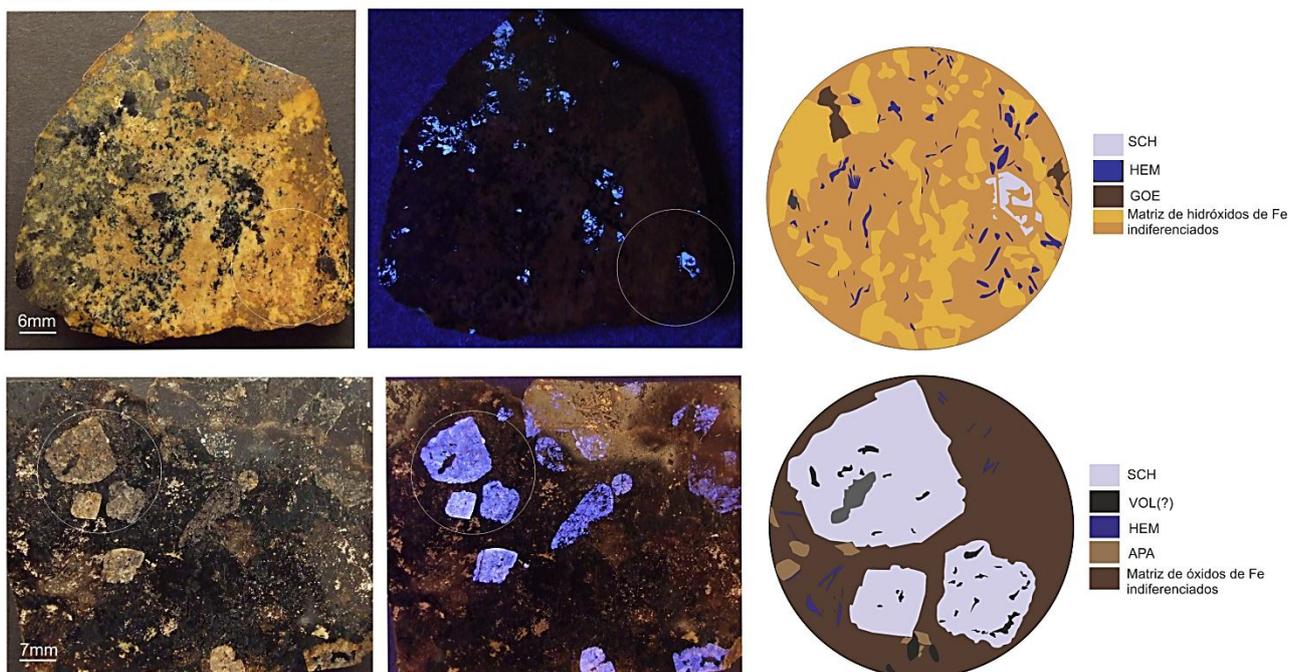
O processo de substituição, expresso nas texturas apresentadas, pode resultar de fenômenos de dissolução e subsequente re-precipitação, bem como de fenômenos de oxidação.

Na Figura V. 8 apresenta-se uma síntese de observações de paragêneses do depósito em estudo – metavulcanogênicos a exalativos – sob condições de oxido-redução.

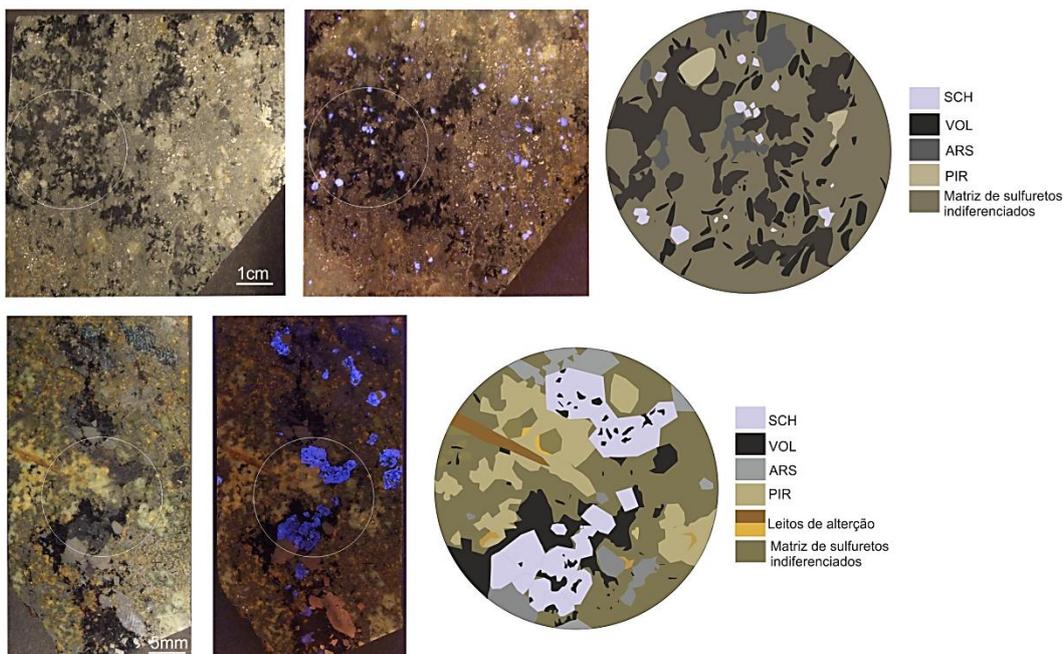
Tabela V. 11. Fórmulas empíricas de algumas fases com expressões texturais de substituição (ferberitização). A diferença entre elementos traço é referida ao nível da ordem de grandeza, abaixo 0,00x.

PROVENIÊNCIA	FASE	FÓRMULA EMPÍRICA	ASPECTOS TEXTURAIS	ELEMENTOS TRAÇO	FECHO DA ANÁLISE
Cerdeirinha (Ci) grãos desagregados em matriz de sulfuretos	ferberite pseudomorfizada	$(Fe_{0.63}, Mn_{0.33})_{\Sigma 0.96} W_{1.01} O_4$	bordo da scheelite	Al>>Pb=Bi	97.551
	ferberite pseudomorfizada	$(Fe_{0.71}, Mn_{0.23})_{\Sigma 0.94} W_{1.02} O_4$	relação com hidrotungstite(?)	Bi>>Pb	97.718
	volframite	$(Fe_{0.73}, Mn_{0.23})_{\Sigma 0.96} W_{1.01} O_4$	-	Al>Bi	97.920
	volframite	$(Fe_{0.72}, Mn_{0.23})_{\Sigma 0.95} W_{1.00} O_4$	-	Dy>>Al>Bi>Mo	98.500
	ferberite pseudomorfizada	$(Fe_{0.99}, Ca_{0.01})_{\Sigma 1.00} W_{1.00} O_4$	-	(Ca)>Bi>Al	95.600
	ferberite pseudomorfizada	$(Fe_{0.70}, Mn_{0.25})_{\Sigma 0.95} W_{1.01} O_4$	relação com hidrotungstite(?)	Bi>Al>>Mo	97.435
	ferberite pseudomorfizada	$Fe_{0.99} W_{1.00} O_4$	-	Bi>>Mo	95.768
Valdarca (V3) litologias calcossilicatadas com apatite e sulfuretos	ferberite pseudomorfizada	$(Fe_{0.71}, Mn_{0.25}, Ca_{0.04})_{\Sigma 1.00} W_{1.01} O_4$	bordo da scheelite	(Ca)>Bi	96.271

## AMBIENTES OXIDANTES



## AMBIENTES REDUTORES

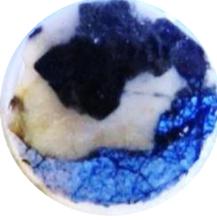
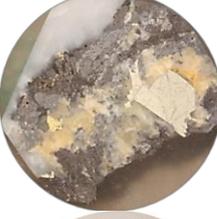
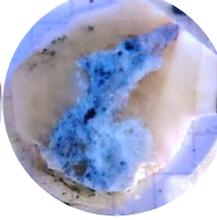


**Figura V. 8.** Síntese de observações em paragéneses com tungstatos de ambientes genéticos vulcanogénicos a exalativos – representando condições oxidantes e redutoras. Fotografias de superfícies polidas de massas mineralizadas em luz natural e ultravioleta e representações pormenorizadas das fases principais reconhecidas. **SIMBOLOGIA:** scheelite (SCH); volframite (VOL); arsenopirite (ARS); pirite (PIR); hematite (HEM); goethite (GOE); apatite (APA).

## V.2.1.3. Análise paragenética e composicional de tungstatos de ambientes hidrotermais

Para o estudo de tungstatos de ambientes hidrotermais foram seleccionados EMA em que foram explorados filões de quartzo – Castelhão e Fulão – Sta. Justa (Tabela V. 12). No caso da área de Fulão a Santa Justa incluem-se 9 áreas de concessão situadas sobre uma zona de cisalhamento. Os vestígios das explorações são abundantes e nas escombreiras dispersas é frequente encontrar amostras de paragéneses com associações de tungstatos.

Tabela V. 12. Caracterização das amostras seleccionadas para o estudo dos tungstatos de ambiente hidrotermal.

EMa	OBSERVAÇÕES (Lupa Binocular   MOLR) (estimativa visual do conteúdo de tungstatos)	AMOSTRA Lupa Binocular: Luz Natural   Luz Ultra Violeta	(Ø=diâmetro do provete)	
CASTELHÃO	Zona de cisalhamento em <i>stockwork</i> . Porções de veios cataclásticos e bandados, portadores de volframite.		(Ø=25mm)	
	<b>fc</b> Grãos de volframite com pontuações brilhantes inclusas; intercrescimentos peculiares da volframite (0%SCH; <7% VOLF)			
FULÃO (Ribeiro do Salgueiro)	Troço Norte de filão de quartzo (com andamento >Km) em zona de cisalhamento polifásica aurífera-tungstífera com sulfuretos. Ocorrência volframite > scheelite.		(Ø=25mm)	
	<b>R4</b> Fase scheelite fracturada, preenchimento com fases restíticas de elevada reflectância. (25% SCH; <5% VOLF)			
FULÃO (Cavalinho)	<b>E(f)</b> Cristais isolados em cavidade de corrosão (flutuantes e subédricos, de crescimento livre) sulfuretos-tungstatos com texturas zonadas, intercrescimentos, inclusões elípticas, estruturas arborescentes e de evolução polifásica em desequilíbrio, pontuações de elevada reflectância, portadoras de Bi (<3% SCH; <7% STOL e/ou RAS - total dos cristais)		(Ø=40mm)	
	<b>f14</b> Esquírola de quartzo com sulfuretos e tungstatos intercrescidos. (<3% SCH; <5% VOLF)		(Ø=25mm)	
	<b>f5</b> Esquírola de sulfuretos e tungstatos - zonas de evolução na interface volframite - arsenopirite; múltiplos produtos de evolução (>10% VOLF)		(Ø=25mm)	
	<b>cerq8</b> Esquírola de quartzo com múltiplos sulfuretos intercrescidos com scheelite e volframite (40% SCH; <7% VOLF <3% STOL e/ou RAS)		(Ø=25mm)	
	<b>Ef9</b> Esquírola de sulfureto com cavidades preenchidas por tungstatos, scheelite, volframite, stolzite e raspite (<1% SCH; >7% VOLF; <3% STOL/RAS)		(Ø=25mm)	
	SANTA JUSTA (Estorãos)	Porções de veios <i>en echelon</i> bandados; <i>crack-seal</i> e <i>comb</i> structure Ocorrência scheelite > volframite		(Ø=25mm)
		<b>E13.</b> Esquírola de quartzo com tungstatos intercrescidos (scheelite, volframite inclusa) (>30% SCH; <5% VOLF)		

Na generalidade, as concessões situam-se sobre um eixo estrutural com veios quartzosos, cujo andamento foi reconhecido ao longo de 5 km e identificado como uma zona de cisalhamento polifásica aurífera e tungstífera com sulfuretos, estudada em **Leal Gomes e Gaspar (1992)** e **Leal Gomes (1994)**.

Num outro depósito, situado a NE, em Castelhão, sem continuidade com o do Fulão, está num corredor que terá sido reactivado em episódios tardi-D3, ocorrendo ao longo deste o acolhimento *en-echellon* de veios de quartzo intra-graníticos mineralizados pela volframite. O sistema de veios e filões explorados, ao longo do contacto granito-metassedimentos assume por vezes uma configuração em *stockwork*, que pode ser associada ao preenchimento de fendas de contracção perigraníticas. Este sistema, relativamente ao do Fulão está menos estudado, quer estrutural, quer parageneticamente.

Ambos os sistemas são propícios à "focagem" de fluidos mineralizantes pós-pegmatóides que, segundo **Leal Gomes (1994)**, percolam de forma mais ou menos difusa num volume litológico metassedimentar, vindo a ser colhidos em estruturas favoráveis, bem definidas e reactiváveis em sucessivas fases de deformação. As estruturas dilatacionais associadas a estes sistemas, constituem "armadilhas" para a concentração de metais úteis e preciosos, susceptíveis de, pelas texturas de deformação e recristalização exibidas, indicarem os tipos e sucessões de fenómenos de concentração e convergência de fluidos mineralizantes.

Os vários cisalhamentos apresentam semelhanças no que respeita às respostas à deformação por partes dos terrenos encaixantes cisalhados - granitóides rígidos e metassedimentos plásticos. É generalizada a ocorrência, ao longo das zonas de cisalhamento polifásicas, de texturas ou geometrias de esmagamento e recristalização - designadas de *crack-seal* - em que se dispõem as mineralizações de W e sulfuretos.

As reactivações sucessivas, de cisalhamento, seguidas de cicatrização quartzosa, contribuem para a diversidade e complexidade de mineralizações, desde tungstíferas até auríferas, paralelamente ao preenchimento sucessivo - bandado a rítmico - de sulfuretos polimetálicos e sulfossais. As correspondentes paragénese foram detalhadamente descritas em **Leal Gomes e Gaspar (1992)** e **Leal Gomes (1994)** (Tabela V. 13).

As amostras em estudo, caracterizadas na **Tabela V. 12**, incluem porções bandadas, e um *crack-seal* portador de volframite, scheelite, raspite e stolzite. Em todas elas se detectaram cavidades de corrosão e evolução supergénica com crustificação scorodítica e ferralítica extensiva.

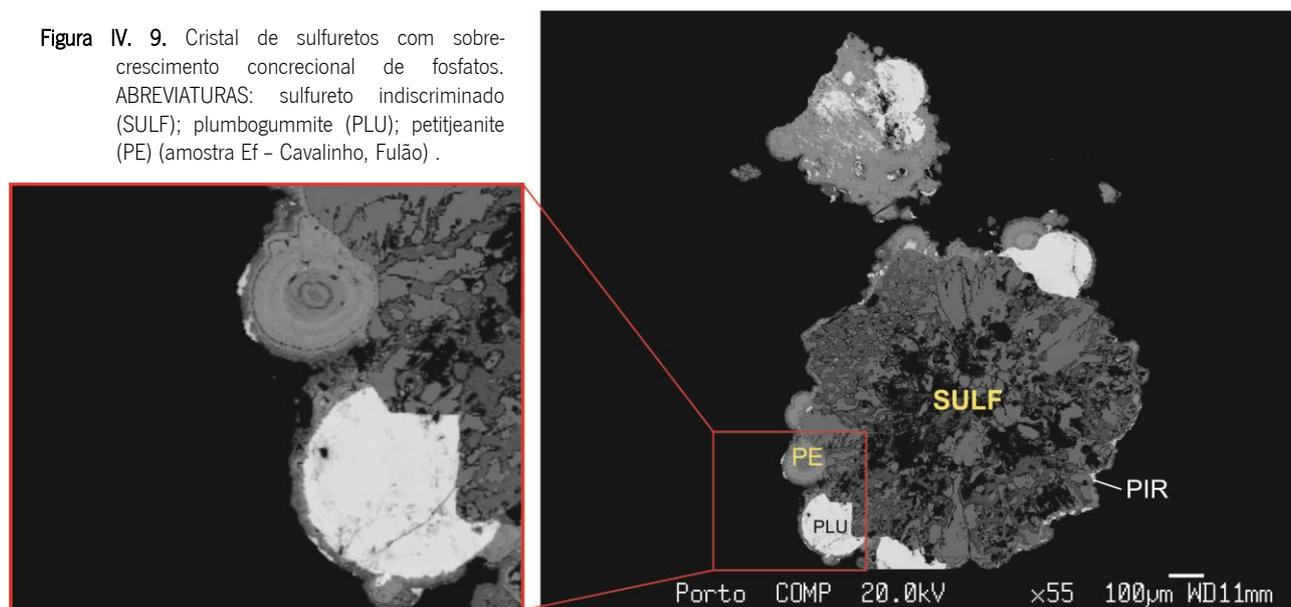
Foram seleccionados para estudos mineralógicos alguns cristais isolados em cavidades mirolíticas de amostras de mão do Cavalinho ao Fulão (Ef). Entre estes encontravam-se cristais "flutuantes" de raspite e stolzite (dimorfos de  $PbWO_4$ ), e outros com morfologias arborescentes a isodiamétricas, com zonamento interno e intercrescimentos com sulfuretos ou inclusões.

**Tabela V. 13.** Paragéneses com distintos minérios tipomórficos, identificadas na Zona de Cisalhamento Argas-Cerquido (EMa do Fulão), em função da composição, textura e intercrescimentos (observados em amostras de mão), segundo **Leal Gomes e Gaspar (1992)** e **Leal Gomes (1994)**.

TIPOS PRINCIPAIS DE MINÉRIOS	RELAÇÃO COM A DEFORMAÇÃO	ASSOCIAÇÃO MINERAL TIPOMÓRFICA	FASE DE MINERALIZAÇÃO	MODOS DE OCORRÊNCIA	TEXTURAS ESPECÍFICAS DAS GERAÇÕES DE QZ	ABUNDÂNCIA DO Qz
<b>Volframítico</b>	Muito deformado	<b>VOLF+ARS+PIR</b>	Fe, As, W	bandas, lineações ou pequenas lentes disseminadas	maciço e/ou brechiforme	++++
<b>Arsenopirítico maciço</b>	Cataclástico	<b>ARS + PIR + PIRR ± Au nativo</b> (associa-se à CORD, e contacta litologias metamórficas - micaxistos, xistos negros e liditos)	Fe, As, Au (Ti)	disseminada	por vezes maciço	++
<b>Arsenopirítico venular</b>	Menos afectada	<b>ARS + PIR + PIRR ± Au nativo</b>	Fe, As, Au	estruturas <i>crack-seal</i>	maciço, <i>comb</i> grosseiro, zonado, fibroso e/ou brechiforme	++++
<b>Zincífero</b>	Menos afectada	<b>BL + CALC + PIR ± GAL</b>	Zn, Fe, Cu, As, (Pb)	bandado, com intercalações <i>schliereníticas</i> de leitões de PIR e GAL	aracniforme, <i>comb</i> e fantasma	++
<b>Galenítico</b>	Deposição tardia	<b>GAL + Sulfossais + Bi nativo + Electrum + CALC</b>	Pb, Bi, Ag, Au, (Cu)	GAL arborescente, ou em revestimentos ou preenchimentos de cavidades miarolíticas	<i>comb</i> médio, reveste cavidades miarolíticas e aracniforme	+
<b>Clorítico e Fluorítico</b>	Deposição tardia	<b>CLO + FLUO + Carbonatos ± Electrum</b>	F, Fe, Au, Ag	venular		+++

A diversidade e complexidade paragenética deste ambiente expressas nas associações mineralógicas primárias, apresentadas na **Tabela V. 6**, repercute-se nos produtos de alteração presentes em materiais de escombreira. Aí os microambientes de deposição-precipitação tardios promovem o aparecimento de fases neoformadas complexas. Por exemplo entre os cristais (sub)euédricos seleccionados numa cavidade miarolítica, reconheceu-se em MSE, um intercrescimento peculiar entre sulfureto-fosfatos. As texturas de deposição são típicas de crescimento livre, com bandados concrecionais a botrióides de fosfatos de Pb e Bi. Na **Figura IV. 9** o cristal primário euédrico, seria possivelmente uma pirite alterada, com texturas de substituição penetrativas e inclusões de fosfatos de Bi, Pb e TR.

**Figura IV. 9.** Cristal de sulfuretos com sobre-crescimento concrecional de fosfatos. ABREVIATURAS: sulfureto indiscriminado (SULF); plumbogummite (PLU); petitjeanite (PE) (amostra Ef - Cavalinho, Fulão) .

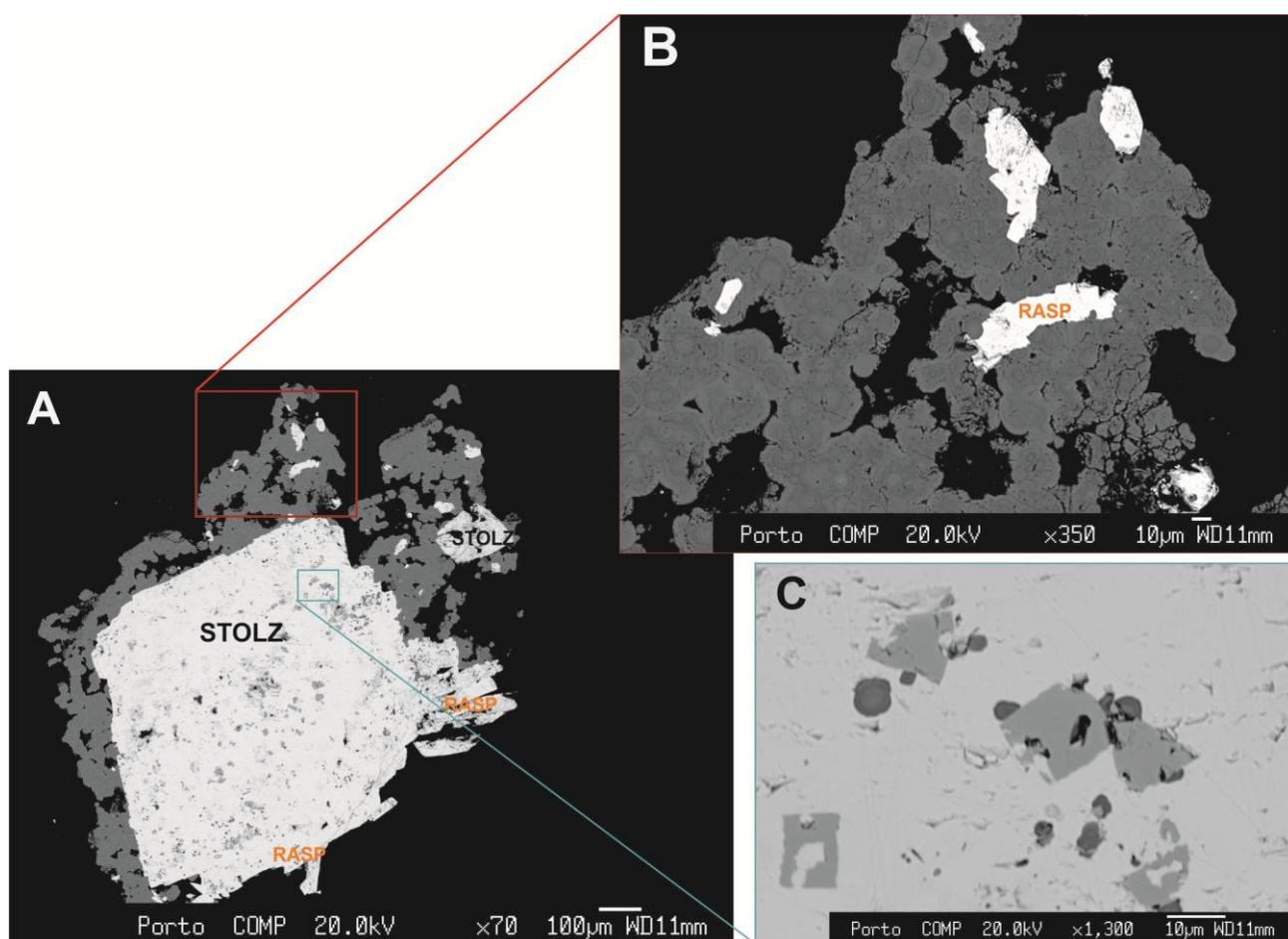


As secções esféricas, com zonamento oscilatório bem marcado são de petitjeanite -  $\text{Bi}_3(\text{PO}_4)_2\text{O}(\text{OH})$ . Estas concreções estão em sobrecrecimento relativamente ao sulfureto ou em epitaxia sobre um outro esferóide de plumbogummite -  $\text{PbAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_5 \cdot (\text{H}_2\text{O})$  -, que bordejia, com espessamento variado, o sulfureto muito alterado. Foram detectadas relíquias de pirite no bordo e em outros agregados semelhantes, inclusões de volframite.

Em condições de observação estereoscópica foram seleccionados cristais de stolzite, que mostravam aparência zonada e inclusões pontuais. Nas imagens de contraste de fases, em MSE, identificaram-se inclusões fosfáticas sob a forma de secções quadrangulares (Figura V. 10A e C), podendo tratar-se, eventualmente, de xenotima  $[\text{Yb}(\text{PO}_4)]$  ou churchite  $[\text{Y}(\text{PO}_4) \cdot 2(\text{H}_2\text{O})]$ . A composição da stolzite nuclear apresenta-se na Tabela V. 14 - Ef1.

**Tabela V. 14.** Análises pontuais (APFU) em cristal de stolzite, provenientes de uma cavidade miarolítica de amostras seleccionadas do Fulão (Ef). Fórmula estrutural calculada com base em 4 O; (-) valor inferior ao limite de detecção. Análises químicas em Anexo VII.

		Ca	Fe	Mn	Pb	W	Ti	Bi	Al	Mo
Ef1	STOL	0,0028	0,0000	0,0003	0,9842	1,0024	-	0,0036	-	-
Ef2	TUNG	0,0024	0,8627	0,0649	0,0127	1,0018	-	0,0018	0,0327	-
Ef3		0,0024	0,8086	0,0637	0,0292	1,0205	-	0,0026	0,0203	-
Ef4	RASP	0,0005	0,0022	0,0001	0,9424	0,9991	-	<b>0,0382</b>	-	-

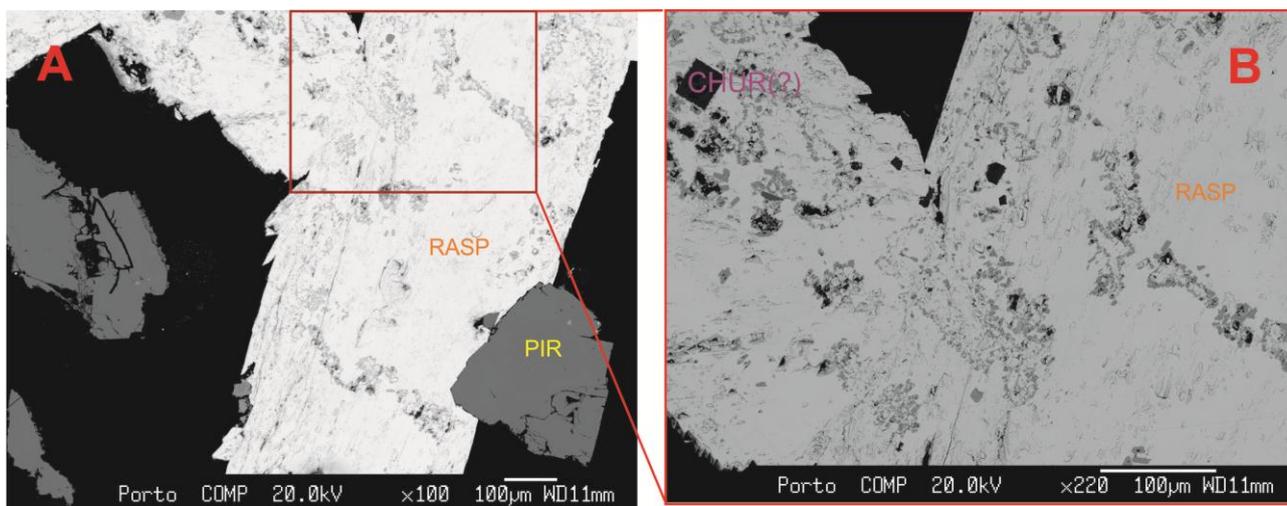


**Figura V. 10.** Stolzite nuclear (STOLZ) com bordo de alteração (A). B- Aspecto da textura concrecional de uma scorodite recobrindo raspite (RASP) tabular; C - inclusões de um fosfato de TR na stolzite - xenotima ou churchite.

O bordo da stolzite idiomórfica corresponde possivelmente a um tungstato de baixa cristalinidade, uma fase secundária supergénica que está descrita em **Sahama (1981)** como composicionalmente muito variada. Pode tratar-se de uma tungstite ( $\text{WO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), precipitada a baixa temperatura, admitindo composições químicas variáveis. Neste caso, pelas limitações decorrentes da estrutura hidratada, regista-se a dificuldade em obter análises com boa resolução. Pode dizer-se que nas composições obtidas, a fase inclui  $\text{Fe} \gg \text{Mn} > \text{Pb} \equiv \text{Al} \gg \text{Ca} \equiv \text{Bi}$  (Tabela V. 14 - Ef2 e Ef3).

Ainda na **Figura V. 10**, a imagem de pormenor B, mostra um bordo de alteração com textura concrecional típica das eflorescências salinas - materiais de baixa temperatura, formados em ambiente supergénico. Nesta fase estão intercrescidos cristais alongados de um tungstato de Pb - a raspite [ $\text{Pb}(\text{WO}_4)$ ] - com composição química semelhante à stolzite, distinguindo-se desta, por apresentar menor conteúdo em Ca, apresentar Fe e um elevado conteúdo de Bi (Tabela V. 14 - Ef4).

A raspite apresenta um hábito alongado, com zonamento em retalhos ou linear, segundo o alongamento, eventualmente devido a pequenas variações composicionais, não quantificadas (**Figura V. 11**). Na imagem de pormenor reconhecem-se fases fosfáticas, em secções quadrangulares, que poderão corresponder a uma xenotima [ $\text{Yb}(\text{PO}_4)$ ], ou eventualmente, à churchite [ $\text{Y}(\text{PO}_4) \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$ ].



**Figura V. 11.** Cristal alongado de raspite (A) com inclusões fosfáticas, possivelmente churchite (CHUR?) (B) distinção de secções quadradas.

A presença do tungstato de Pb tardio - raspite - foi identificada em intercrescimentos distintos:

1) com a scorodite criptocristalina e arranjo botrioidal (**Figura V. 10B**), na **Figura V. 12** aparenta existir um recobrimento de scorodite sobre a raspite;

2) em epitaxia a partir da stolzite, com sentido de cristalização centrífuga (**Figura V. 10B**); a orientação dos cristais de raspite, a partir do núcleo da stolzite parece ser aleatória quando analisada em imagens de electrões retrodifundidos (**Figura V. 12**), em secção o crescimento aparenta um arranjo paralelo a radial entre cristais.

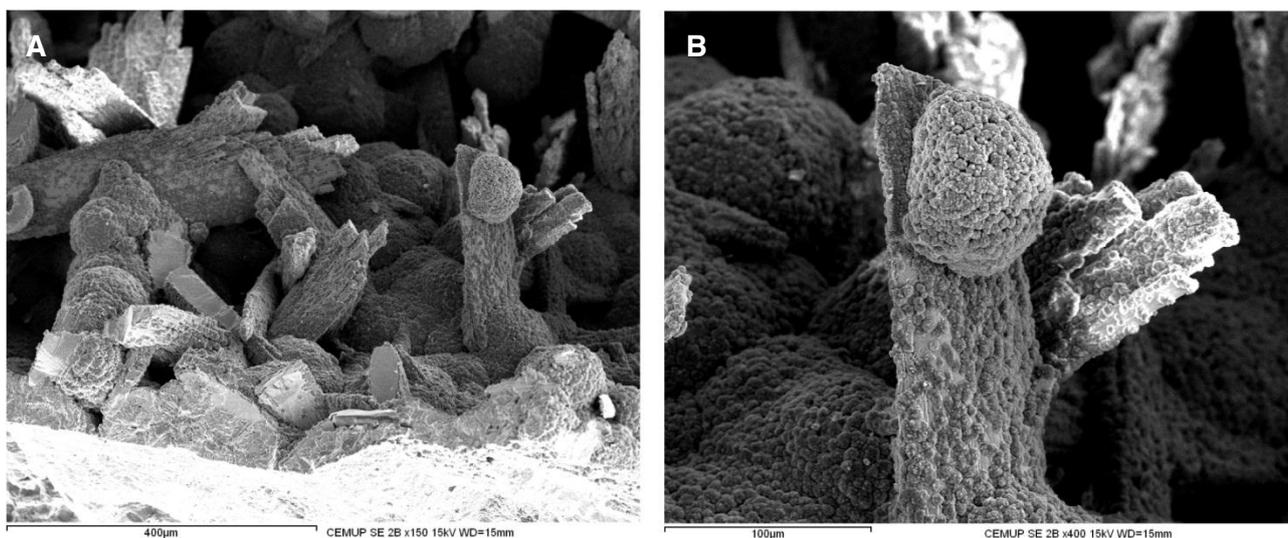


Figura V. 12 – Imagens de electrões retrodifundidos (observação em MEV) das associações: **A** - stolizite – raspite; **B** - raspite – scorodite.

A stolizite é um tungstato raro, convencionalmente considerado como mineral secundário, associado a produtos de alteração (limonites, mimetite, cerussite, etc.) ocorre em zonas de oxidação de depósitos com tungstatos primários, sobretudo scheelite (Palanche *et al*, 1951). Possui hábito bipiramidal ou piramidal, estriado, lustre resinoso, sub-adamantino, cores acastanhadas. Em observações estereoscópicas, foi ainda possível reconhecer a associação de cristais ou agregados monominerálicos, com tendência euédrica, associados a produtos de alteração morfológicamente semelhantes aos descritos por Sahama (1985) – criptocristalinas, cores pálidas, amarelo esverdeado, lustre ceroso, sob a forma de revestimentos finos (Figura V. 13A).

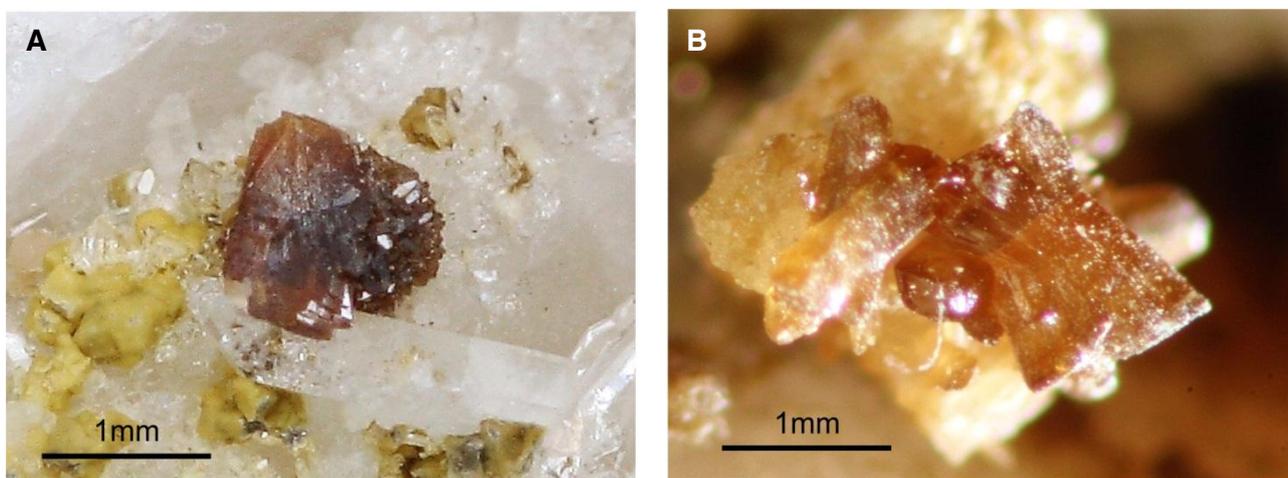
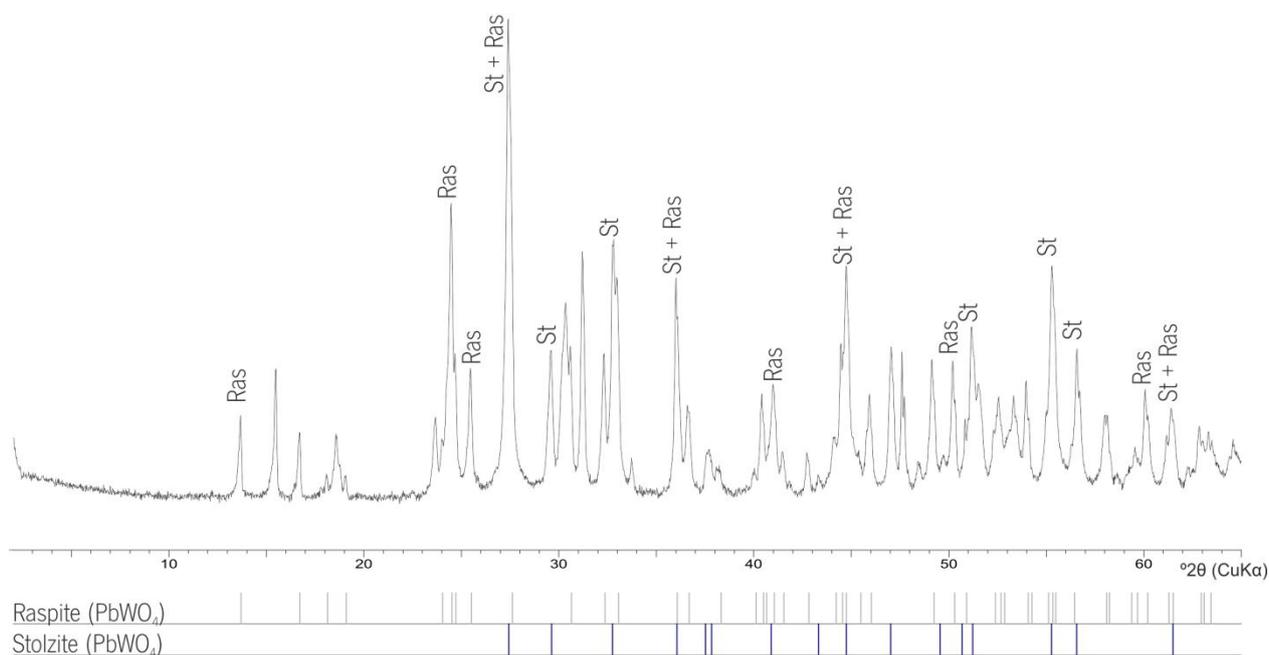


Figura V. 13 – Microfotografias da cavidade de uma bloco de quartzo com tungstatos: **A** – agregado cristalino de stolizite sobre quartzo, parcialmente recoberto com tungstite (?); **B** – grupo de cristais de raspite (fotos de P. Alves).

A raspite é um dimorfo da stolizite, apresenta-se com forma tabular, com aspecto estriado, paralelo ao alongamento, lustre adamantino, cores castanho pálido a laranja (Figura V. 13A).

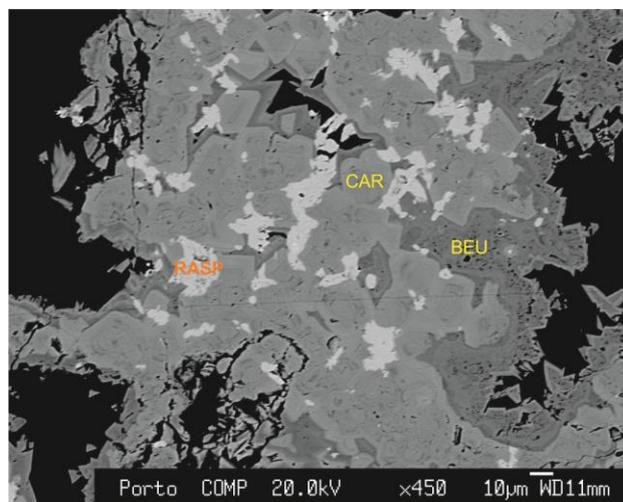
A identificação e discriminação destas fases só foi possível em difractograma de RX (Figura V. 14). A obtenção de amostras impolutas é por si só um procedimento difícil pelo que a identificação de cada uma das fases se fez recorrendo

aos picos diagnósticos da stolzite [3,25 (1); 1,66 (0,35); 2,024 (0,35)] e da raspite [3,224 (1); 2,76 (0,6); 3,619 (0,55)] que se identificaram no difractograma de uma amostra composta.



**Figura V. 14.** Difractograma correspondente a uma amostra mista com stolzite e raspite de materiais em cavidade de blocos de quartzo recolhidos na escombreira do Fulão (Cerquido). Fichas JCPDS: 19-0708 (stolzite) e 29-0784 (raspite).

Em cavidade miarolítica com cristais e agregados cristalinos de tungstatos foram seleccionados, em LB, materiais com morfologia arborescente. Em análises pontuais em MSE, foi possível identificar: tungstatos secundários de baixa cristalinidade, com texturas coincidentes com as que já foram descritas, possivelmente raspite em posição nuclear e ainda arsenatos de Pb: carminite  $(\text{Pb})(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_2$  e beudantite  $(\text{PbFe}_3(\text{AsO}_4)(\text{SO}_4)(\text{OH})_6)$  em zonamentos ou sobre-crescimento, em que a carminite ocupa a posição interior e a beudantite a bordadura.



**Figura V. 15.** Agregados criptocristalinos de texturas coloidais complexas - aspecto macroscópico arborescente.

Os materiais até agora em análise, em ambientes de deposição de W de origem hidrotermal, provenientes de cavidades miarolíticas em quartzo, não revelaram expressamente a presença de volframite ou scheelite, ainda que esta tivesse sido estimada, em observações à LB, em percentagens <3%.

Amostras de quartzo com scheelite em proporção muito significativa (>25%) (R3, Tabela V. 12) permitiram estabelecer uma associação da fase scheelite com a stolzite, raspite e fosfatos de Y e TR. Em imagem de contraste de

fases da amostra R3, foi possível comprovar a presença da volframite em fracturas da scheelite, preenchidas posteriormente com arsenatos de Fe – scorodite –reconhecidos macroscopicamente (Figura V. 16A e B).

Na matriz scorodítica, detectaram-se inclusões de fosfatos de TR (Figura V. 16C). A análise pontual não foi conclusiva, uma vez que a fase - eventualmente xenotima - estaria hidratada. Admite-se a hipótese de se estar perante uma fase supergénica - a churchite (em pseudomorfose após xenotima). Esta poderia constituir um marcador lateral da transição dos tungstatos de estágio primários para tungstatos secundários.

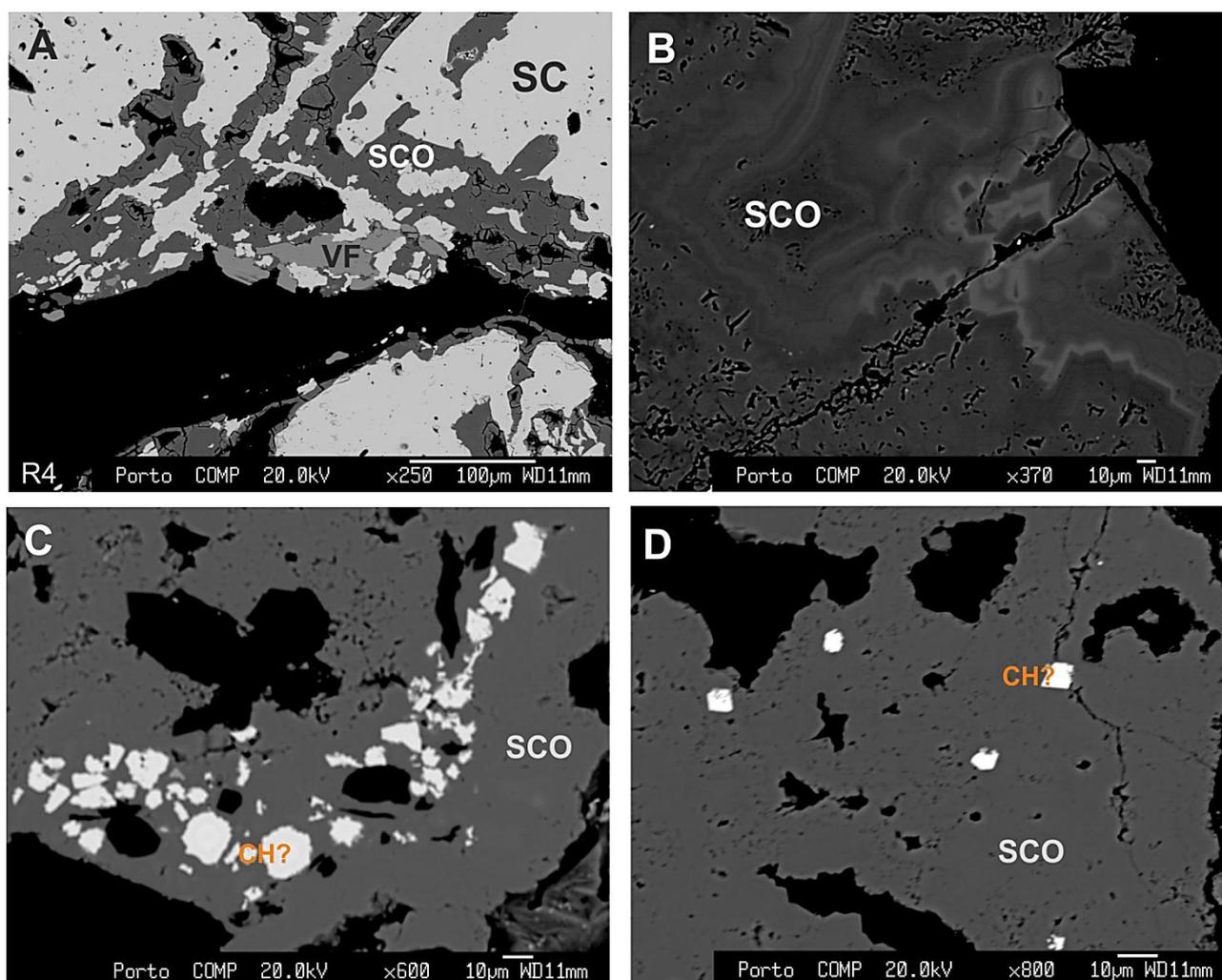


Figura V. 16. Scheelite fracturada com preenchimento de scorodite. A –Intercrescimento scheelite (SC) – volframite (VF) e scorodite (SCO); B – aspecto bandado da scorodite, típico de crescimento livre em selagem de fracturas; C, D – inclusões de fosfato de TR hidratado – eventual churchite (CH?)

Em cavidades miarolíticas, os sulfuretos com texturas de substituição muito evoluídas, mostravam inclusões de volframite e xenotima. A existência de uma fase precursora sulfuretada com aquelas inclusões justifica que se possam encontrar na scorodite. A sua relação com os tungstatos secundários poderá ser de partilha ou difusão no estado sólido, típica em processos de substituição de baixa temperatura.

Na interface entre tungstatos e sulfuretos observam-se frequentemente orlas reaccionais de alteração em que ocorrem fases minerais supergénicas, tais como a scorodite e goethite. É o caso da amostra f5 (Tabela V. 12), em que é

possível, macroscopicamente, reconhecer estas relações mineralógicas. Em imagens de contraste de fase foi possível observar padrões de cicatrização das fracturas na volframite por deposição de fases secundárias (Figura IV.16).

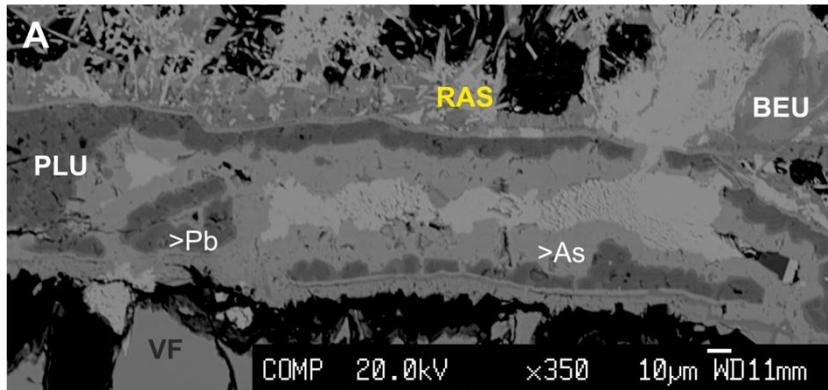
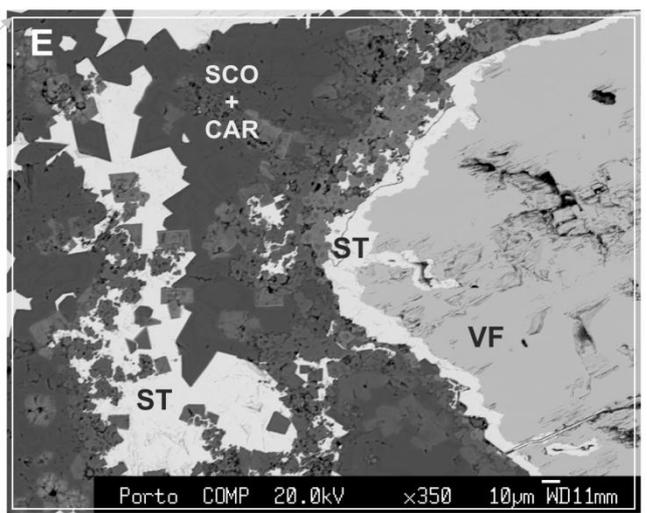
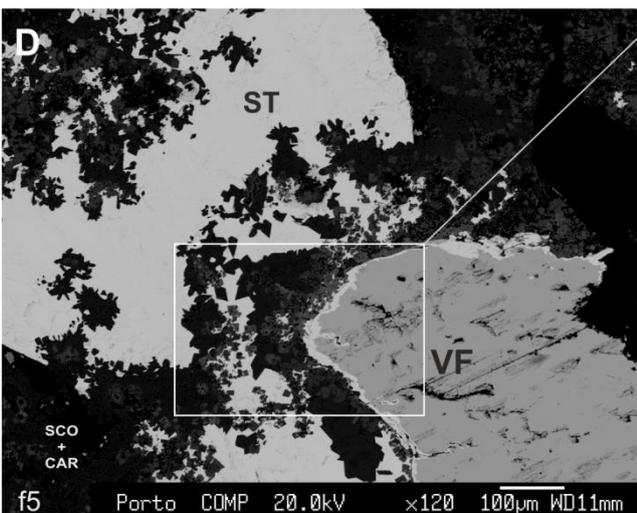
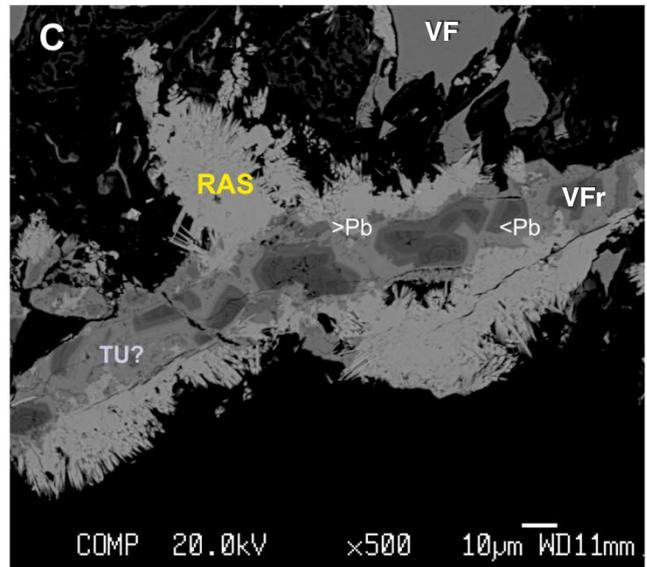
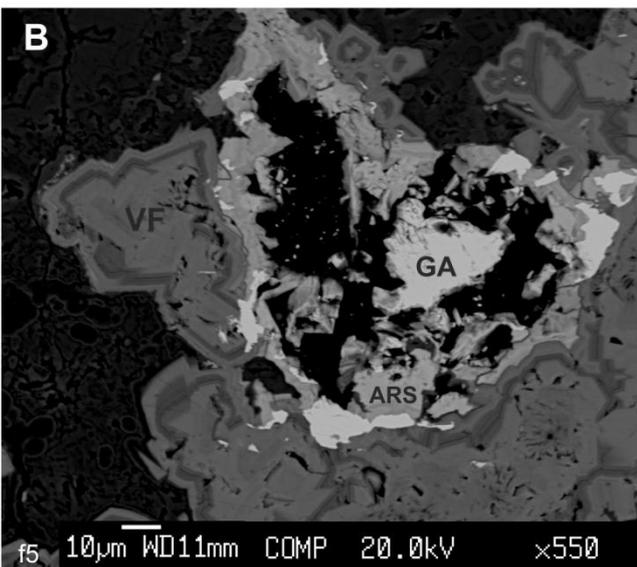


Figura IV. 17. Cavidades de tipo *boxwork* e fracturas em volframite, numa matriz de sulfuretos. **A** - preenchimento de fracturas com raspite (RAS); plumbogumite (PLU) e beudantite (BEU); **B** - Associação de volframite (VF), arsenopirite (ARS) e galena (GA); **C** - preenchimento de fracturas com volframite relíquia (VFr) evoluída para tungstite (TU?); **D, E** - associação de stolzite (ST), carminite (CAR) e scorodite (SCO) em cavidade na volframite.



Na Figura V.16B é possível observar um zonamento oscilatório da volframite na presença de galena e arsenopirite, bem como, perante os seus produtos de alteração (Figura IV. 17C).

As micro-fendas de volframite estão preenchidas por tungstatos secundários que envolvem fragmentos desmembrados da volframite, envolvidos por uma matriz fosfática, hidratada, de Al e Pb (plumbogumite), com “escapes” venulares de tungstato de Pb (raspite) e de arsenato de Pb (beaudantite). Estes produtos funcionam como cicatrizadores e fixadores do Pb e As dos sulfuretos primários, de composições variáveis (Figura IV. 17A e C).

Os produtos de evolução da volframite - tungstite e tungstato de Pb (raspite pela morfologia tabular e secção circular) são vistos, nesta amostra (f5), sem qualquer associação à scheelite.

É ainda de realçar neste microambiente que a volframite parece evoluir, por fraccionação ou substituição, para stolzite. Contrariamente, noutras amostras com sulfuretos e inclusões de volframite e stolzite, evidenciando menor grau de alteração (Ef9, Tabela V. 12) detectou-se uma orla de alteração da volframite, envolvida pela stolzite (Figura V. 18), e associada a esta uma scheelite-reliquia, confirmada em imagens de electrões retrodifundidos (observação em MSE) (Figura V. 18B), bem como, pirite em fendas na stolzite.

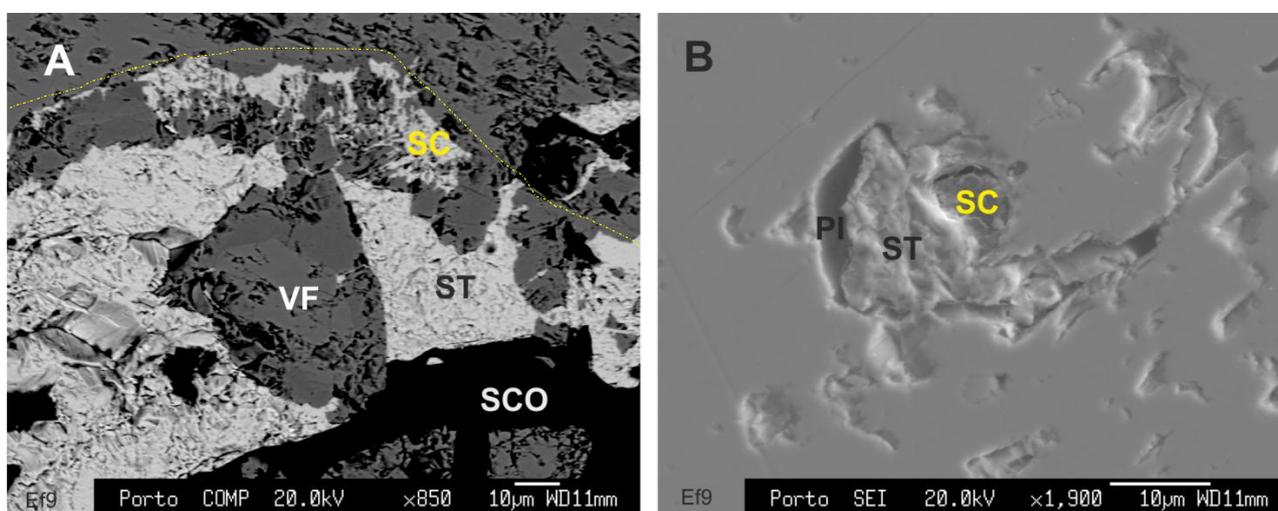


Figura V. 18. Intercrescimentos entre tungstatos e scorodite. A - Volframite (VF) incluída em stolzite (ST), intercrescida com scorodite (SCO). B - Stolzite com aspecto cavernoso, fracturas com pirite (PI) e relíquias de scheelite (SC).

Em amostras com sulfuretos, macroscopicamente mais individualizados (exemplo da amostra f14, Tabela V. 7), pode reconhecer-se uma textura compósita nas volframites que contactam com a stolzite (Figura V. 21).

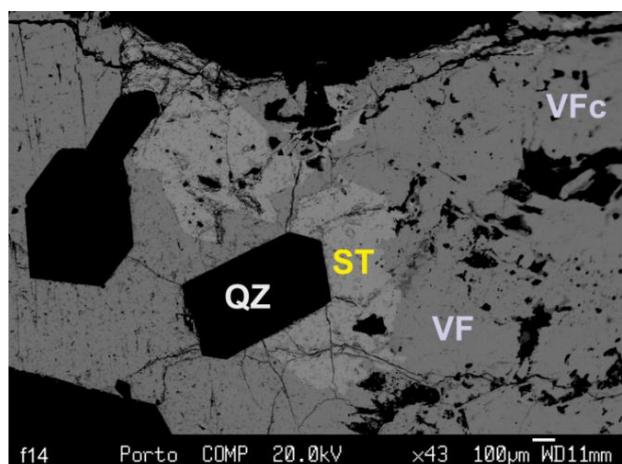
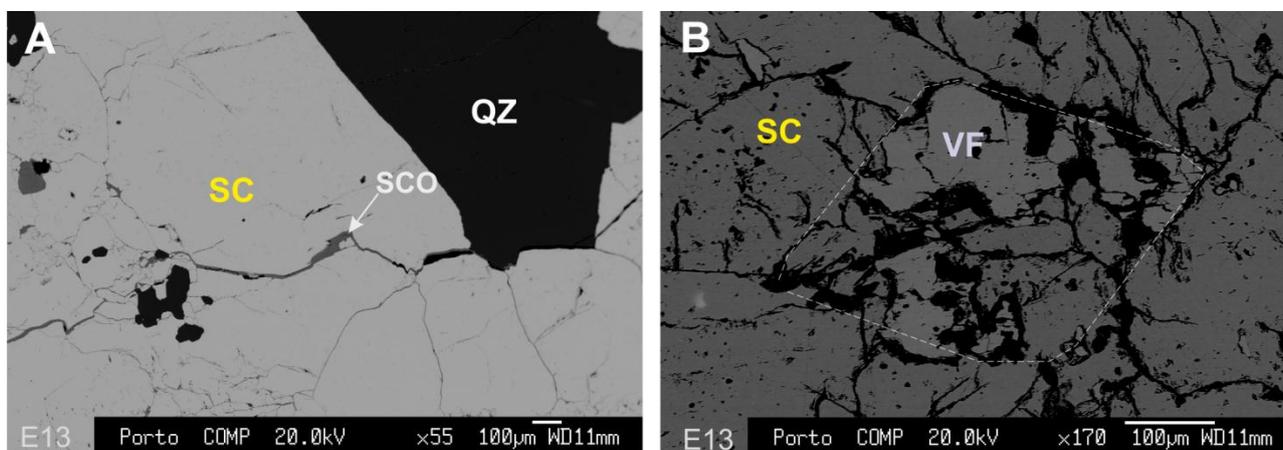


Figura V. 19 Volframite compósita (VFc) intercrescida com stolzite (ST), em cavidade miarolítica de quartzo (QZ).

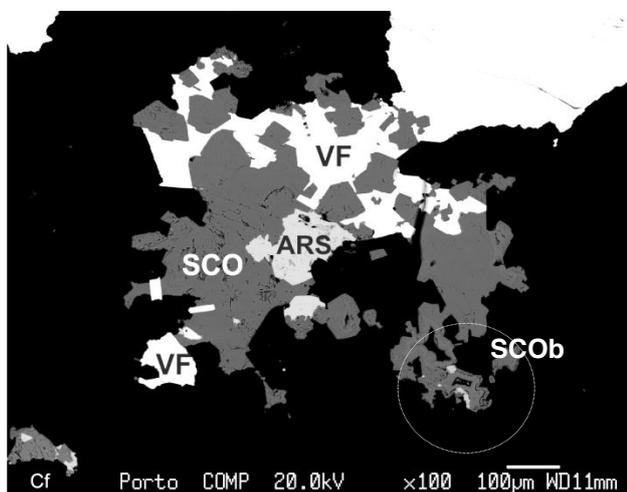
Em amostras de Santa Justa (mina de Estorãos), a Sul do Fulão, os tungstatos reconhecidos macroscopicamente foram a scheelite e a volframite - não se identificaram paragéneses com sulfuretos e tungstatos tão variados e relacionados, como no Fulão. Em Santa Justa está também presente a apatite. Deste local, uma amostra de scheelite em quartzo, com inclusões de volframite de muito baixa granulometria, praticamente não apresentava sulfuretos junto dos tungstatos (E13, **Tabela V. 12**). Não se verificaram, em imagens ao MSE, relações de incorporação ou intercrescimento entre sulfuretos e tungstatos, os contactos intersticiais não se apresentavam instáveis ou reaccionais, apenas muito fracturados e até brechificados.

Em imagens de contraste de número atómico, reconheceram-se na scheelite, próximo do encosto quartzoso, fendas preenchidas por scorodite (**Figura V. 20A**). A volframite, subédrica, apresentava-se muito fracturada, acompanhando a fracturação da scheelite (**Figura V. 20B**). Não foram identificados tungstatos secundários nesta amostra.



**Figura V. 20.** Relações texturais entre tungstatos no EMA de Sta. Justa, sector de Estorãos. **A:** scheelite fracturada, com preenchimentos quartzosos e scorodíticos; **B:** volframite incluída na scheelite, com contorno subédrico e marcas de fracturas e deformação imposta.

As amostras seleccionadas de Castelhão incluem paragéneses quartzosas com sulfuretos e volframite, com arranjos geométricos em *crack seal*, que evidenciam uma origem hidrotermal e controlo estrutural imposto por um corredor de cisalhamento, com vários episódios de reactivação (**Pamplona et al. 2006**). A **Figura V. 21** ilustra a associação mineralógica comum.



A volframite é facilmente identificada entre os materiais das várias escombrelas dispersas de Castelhão. Esta apresenta-se disseminada no quartzo e associada a sulfuretos e arsenatos secundários. Na amostra analisada a arsenopirite está praticamente substituída pela scorodite. Os intercrescimentos reconhecidos permitem considerar a volframite posterior à precipitação da arsenopirite.

**Figura V. 21.** Intercrescimento de volframite (VF), arsenopirite (ARS) e scorodite (SCO), com variação morfológica de padrão homogéneo a bandados colofórmicos (SCOb) - Castelhão.

Em Castelhão não foi reconhecida tão grande complexidade mineralógica e textural como nas paragéneses do Fulão. Possivelmente a focagem de fluidos mineralizantes terá tido menor extensão e envolvido um cortejo metálico limitado. A alteração supergênica terá sido responsável pelos bandados colofórmicos em microcavidades (Figura V. 21 - SCOb) e crustificações em revestimentos superficiais.

A alteração scorodítica, com texturas típicas de crescimento a baixa temperatura, em ambiente supergênico, apresenta em Castelhão grande desenvolvimento sob a forma de crustificações rítmicas e simétricas, similares às do Fulão (Figura V. 16B), mas aqui o tamanho dos cristais é maior, quer em agregado, quer isoladamente (incomum no Fulão).

A ausência de tungstatos de Pb entre as amostras de Castelhão estará possivelmente relacionada com a ausência ou escassez de portadores específicos de Pb na paragéneses primária. O minério galenítico, descrito em Leal Gomes (1994) (Tabela V. 13) para a Argas-Cerquido, diz respeito a uma deposição tardia, associado a sulfossais, Bi nativo, calcopirite e *electrum*. Este estágio de focagem hidrotermal não terá tido expressão significativa em Castelhão. As observações sugerem que a disponibilidade de sulfuretos de Pb na paragéneses primária será requisito para a diversificação dos tungstatos.

O precursor W das fases secundárias plumbíferas nas paragéneses do Fulão pode estar associado tanto à volframite como à scheelite. Na literatura, admite-se como precursor preferencial o tungstato de Ca - scheelite - dada a maior afinidade cristalográfica, compatibilidade química e ligações estruturais específicas dos cátions bivalentes - Ca e Pb. Neste estudo reconheceram-se duas interfaces: scheelite - stolzite (Figura V. 22) e volframite - stolzite (Figura V. 23), com padrões de fracturação, seguida de dissolução e depósito.

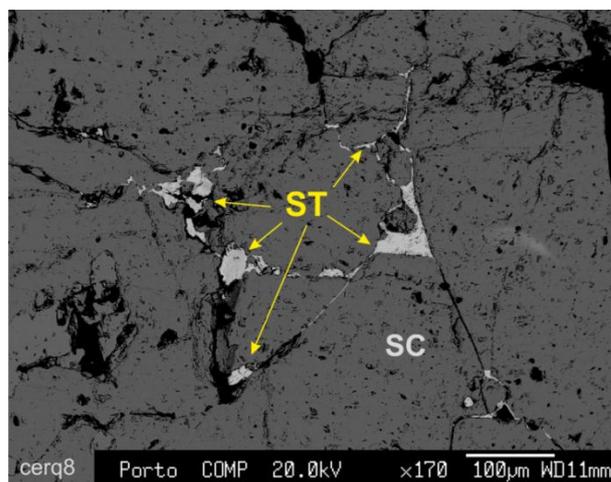


Figura V. 22. Desenvolvimento intersticial de stolzite em scheelite (amostra de quartzo com sulfuretos do Cavalinho -Fulão)

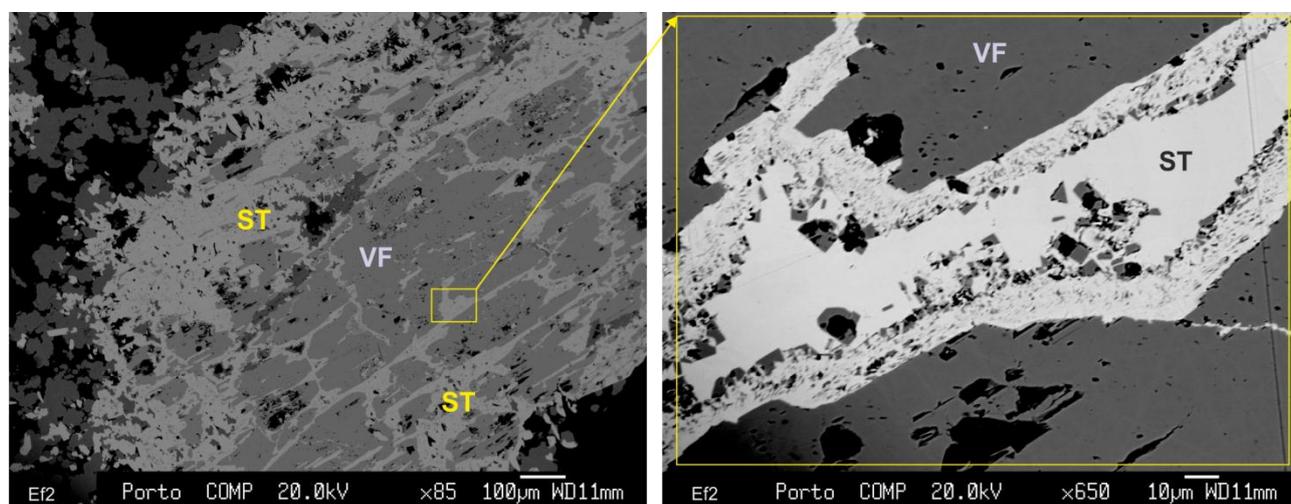


Figura V. 23. Intercrescimentos volframite (VF) - stolzite (ST) observados numa amostra proveniente de uma cavidade de quartzo e scorodite. Pormenor de uma interface volframite - stolzite, correspondente à análise pontual em MSE (Ef) na Tabela V. 12.

### V.2.1.3.1 Síntese de observações para tungstatos de ambiente hidrotermal

O estudo de intercrescimentos entre tungstatos de baixa temperatura realizou-se principalmente em microcavidades miarolíticas e de corrosão, microambientes transtensivos ou transpressivos, em caixas venulares quartzosas, com sulfuretos, sujeitos a dilatação recorrente. A análise química pontual semiquantitativa e quantitativa em MSE permitiu identificar a maioria das fases ilustradas. Ainda, a distinção entre tungstatos de Pb foi auxiliada por DRX e observação morfológica em MSE e MEV, associadas aos respectivos espectros de elementos por RX.

Os minerais identificados em amostras de escombreira de depósitos de origem hidrotermal, integram os conjuntos de fases essenciais:

- fases hidrotermais – volframite, arsenopirite, pirite (com inclusões de fosfato de TR), galena, scheelite, stolzite;
- fases supergénicas – scorodite (com inclusões herdadas de fosfato de TR hidratado), carminite, beudantite, plumbogumite, petitjeunite, raspite, tungstite.

A maior parte dos intercrescimentos não apresenta um padrão ordenado. São frequentes as fracturas, orlas de reacção e depósitos livres sucessivos. Os contornos das secções são determinados pelos diferentes hábitos cristalinos e o crescimento livre é condicionado pelo espaço em cavidade ou fractura. Os principais arranjos geométricos incluem:

- secções com tendência idiomórfica (arsenatos e fosfatos) em crescimento livre sucessivo (**Figura V. 16 C**)
- bandados colofórmicos rítmicos de fases minerais de baixa temperatura (carminite)(**Figura V. 15; Figura V. 16B**)
- secções subédricas com zonamento oscilatório (volframite) (**Figura IV. 17B, C**)
- cristais tabulares e aciculares (raspite) nucleados numa fase precursora (stolzite) e com crescimento centrífugo, revestidos por uma fase criptocristalina botrioidal (scorodite) (**Figura V. 10A,B**)
- preenchimentos de fracturas (volframite) e bordos de substituição (stolzite) (**Figura IV. 17E**)
- cristais compósitos (volframite-stolzite), na acepção de **Moêlo *et al.* (1987) cit por Leal Gomes (1994)**, apresentam entrecruzamentos texturais, podendo sugerir uma exsolução (**Figura V. 23A**)
- secções restíticas ou residuais (scheelite), praticamente substituídas pela fase seguinte (**Figura V. 18A**)
- texturas esferoidais (fosfatos) com zonalidade pronunciada (**Figura IV. 9**)

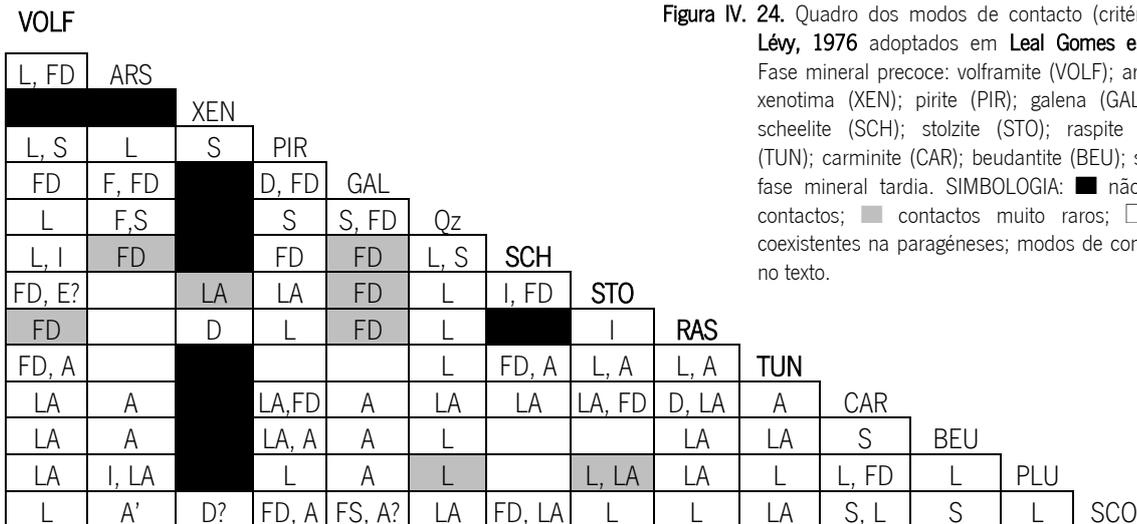
A caracterização textural permitiu identificar figuras de substituição e exsolução, que revelaram superfícies irregulares, típicas de abaixamentos de temperatura com destabilização dos precursores. Na distinção destas texturas atendeu-se ao aumento ou deflexão do contacto na fase portadora; no caso de substituição reconhece-se um aumento da área (**Figura V. 18**) e o caso de exsolução à deflexão e depressão dos contactos (**Figura V. 23**).

Em determinadas situações, a fase precursora é substituída inteiramente, podendo ser reconhecida pelo controlo preservado da estrutura cristalina anterior (pseudomorfose), através de descontinuidades morfológicas e direcções cristalográficas herdadas (**Figura V. 21**).

Admitindo tratar-se de texturas de exsolução (Figura V. 23) os produtos de mais alta temperatura terão exsolvido pelo arrefecimento sucessivo e “annealing”. A volframite pode representar uma fase precursora de W, observando-se muitas vezes incluída na scheelite ou com orlas reaccionais de stolzite. A formação da stolzite ocorre na fracturação interna da scheelite (Figura V. 22) e da volframite (Figura V. 23A,B)

O crescimento acicular da raspite pode ter resultado da evolução da stolzite, já em ambiente supergénico. A raspite apresenta-se revestida ou incluída por scorodite, associando-se a outros arsenatos de Pb; assume formas subédricas, com alguns aspectos de corrosão (Figura V. 10B; Figura V. 15).

Os diferentes intercrescimentos descritos pela análise geométrica das interfaces foram sintetizados em alguns modos de contacto característicos (Figura IV. 24). Com base nos critérios de Moëlle e Lévy (1976) e adaptando os procedimentos de descrição paragenética de Leal Gomes e Gaspar (1992), seleccionaram-se os seguintes modos de contacto em pares de fases: sincristalização (S); depósito livre sucessivo (L); depósito livre sucessivo por alteração de uma fase associada (LA); fracturação e depósito (F); fracturação, dissolução e depósito (FD); dissolução e depósito (D); inversão ou substituição (I); exsolução (E); alteração específica (A).



O quadro dos modos de contacto põe em evidência a distribuição do W ao nível das paragéneses seleccionadas para este estudo. A volframite, tal como é descrita em Leal Gomes e Gaspar (1992), surge como fase precursora e relativamente dissociada das fases sulfuretadas – arsenopirite e galena. A transição da scheelite para stolzite, em ambiente hidrotermal tardio, pode ser uma resposta à baixa estabilidade da scheelite nestas condições, aliada à disponibilidade de Pb no meio, introduzido pela dissolução da galena. A raspite poderá ser um termo de maior estabilidade, a mais baixa temperatura e já em condições supergénicas, comprovadas pelo intercrescimento com tungstatos hidratados secundários.

O mecanismo de transferência de W – volframite→scheelite – poderá ser explicado pela intervenção de fenómenos relacionados com os mecanismos geradores das texturas em *crack-seal*, as quais, de acordo com Ramsay (1980), cit por Leal Gomes e Gaspar (1992), implicariam transferências do material encaixante para a zona fracturada, segundo ciclos de fluxo e cristalização contínuos, no decurso da fracturação progressiva. Segundo Leal Gomes e Gaspar

(1992) o material cristalino presente nos bandados em *crack-sea*/estaria relacionado a soluções por pressão, facilitadas ou provocadas por metamorfismo. Este fenómeno permite explicar texturas de deformação/fracturação seguidas de dissolução e depósito ou eventual exsolução entre volframite - stolzite.

A associação de arsenatos de Fe, Al, Pb e Bi na selagem de cavidades é um aspecto comum em ambiente supergénico. O mesmo não se verifica nas paragénese primárias de ambiente metassedimentar a exalativo. A expressão scorodítica suscitou estudo detalhado e comparativo, a apresentar na secção seguinte.

#### V.2.1.4. Relação entre ambientes de precipitação de tungstos – contributos de mineraloquímica

A análise de paragénese com tungstos revelou diferenças na discriminação de portadores específicos de W para os ambientes de precipitação considerados, a saber:

Ambientes metavulcanogénicos a exalativos:

- scheelite primordial (<2mm), associada a rochas calcossilicatadas com sulfuretos;
- scheelite automórfica compósita (>5mm), associada a ilmenite e hematite;
- várias gerações de volframite;
- ferberite pseudomórfica (reinite);
- tungstites.

Ambientes hidrotermais:

- volframite precursora;
- scheelite fracturada e brechificada;
- stolzite com inclusões de fosfatos TR

Ambientes supergénicos:

- raspite ± arsenatos Fe, Al, Pb, Bi
- tungstite (generalizadamente)

Apresentam-se de seguida os dados mais relevantes da variabilidade composicional reconhecida nas mineralizações de W estudadas – volframite, scheelite e stolzite-raspite.

O estudo da composição química por análise pontual em MSE integra os tungstos provenientes dos ambientes de formação atendidos (amostras das **Tabela V. 7** e **Tabela V. 12**).

##### V.2.1.4.1. VOLFRAMITES

Através do estudo da composição química das volframites procurou-se reconhecer anomalias em elementos traço denunciadores da influência das litologias hospedeiras que revelasse uma eventual assinatura mineraloquímica ou um fenómeno de precipitação particular sugerido na análise textural. A composição química das volframites determinada por análise em MSE está patente na **Tabela V. 15**, a fórmula estrutural foi calculada com base em 4 oxigénios.

**Tabela V. 15.** Composições quantitativas pontuais de volframites (APFU) em MSE. Cálculo da fórmula com base em 4 oxigénios. SIMBOLOGIA: (-) valor inferior ao limite de detecção; (\*) composição não determinada; destacam-se a negrito valores comparativamente mais altos, no ambiente ou amostra analisada. O conjunto de resultados de análise química (MSE) de tungstatos encontra-se no **Anexo VII**.

	ID	Ca	Fe	Mn	Pb	W	Ba	Mg	Nb	Ta	Sn	Bi	Na	Al	Cr	Mo
Sta. Justa	E13.2	-	0,6860	0,2399	0,0001	1,0028	0,0064	<b>0,0512</b>	0,0022	0,0007	-	0,0007	-	*	*	*
	E13.3	0,0021	0,7051	0,2403	-	0,9989	<b>0,0080</b>	0,0454	-	-	-	0,0014	-	*	*	*
Ribeiro do Salgueiro (cristais)	R4.E2	<b>0,0024</b>	0,8627	0,0649	0,0127	1,0018	*	*	*	*	*	0,0018	*	<b>0,0327</b>	*	-
	<b>R4.E29</b>	0,0008	0,5312	<b>0,4574</b>	-	1,0024	-	-	-	-	-	0,0020	-	*	*	*
	R4.E3	<b>0,0024</b>	<b>0,8086</b>	0,0637	<b>0,0292</b>	1,0205	*	*	*	*	*	<b>0,0026</b>	*	0,0203	*	-
	R4.E8	0,0002	0,6548	0,3218	-	1,0039	*	*	*	*	*	0,0014	*	0,0062	*	-
	R4.E9	0,0008	0,5312	<b>0,4574</b>	-	1,0024	*	*	*	*	*	0,0020	*	0,0003	*	-
Cavalinho (Cerquido) – Fulão	Ef9.1	-	0,7710	0,1895	-	1,0047	0,0070	0,0152	-	-	-	0,0022	-	*	*	*
	Ef9.2	0,0004	0,7762	0,1807	-	1,0088	0,0056	0,0089	-	-	-	0,0011	-	*	*	*
	cerq8.2	0,0007	0,6003	0,3637	0,0010	1,0109	-	-	-	-	-	0,0010	-	*	*	*
	cerq8.5	0,0009	0,5673	0,3977	-	1,0038	0,0068	0,0120	0,0008	-	-	0,0014	-	*	*	*
	cF.1	0,0007	0,7361	0,2083	-	1,0118	-	0,0168	-	-	0,0001	0,0016	-	*	*	*
	cF.2	0,0006	<b>0,8955</b>	0,0555	0,0008	1,0072	-	0,0129	<b>0,0040</b>	0,0003	-	0,0014	-	*	*	*
	f5.21	0,0006	<b>0,8013</b>	0,1747	0,0015	1,0015	0,0053	0,0091	-	-	-	0,0021	-	*	*	*
	f5.22	0,0008	0,6864	0,2774	-	1,0051	0,0062	0,0078	0,0017	-	-	0,0012	-	*	*	*
	f5.26	-	0,7821	0,1785	0,0005	1,0051	0,0059	0,0140	-	-	-	<b>0,0025</b>	-	*	*	*
Castelhão	fC.3	0,0011	0,7408	0,2165	-	1,0032	0,0072	0,0214	0,0010	-	-	0,0006	-	*	*	*
	fC.4	0,0015	0,7827	0,1878	-	1,0037	0,0065	0,0073	0,0003	-	-	0,0016	-	*	*	*
	fC.5	0,0015	0,7198	0,2285	0,0017	1,0081	0,0053	0,0134	-	<b>0,0014</b>	-	0,0014	-	*	*	*
Cerdeirinha	c11.5	0,0003	0,7254	0,2291	-	1,0144	-	-	-	-	-	0,0006	-	*	*	*
	c11.6	0,0026	0,7230	0,2292	-	0,9998	-	-	-	-	-	0,0009	-	*	*	*
	c7.5	0,0004	<b>0,9835</b>	0,0092	-	0,9994	0,0049	0,0012	-	0,0006	-	0,0008	-	*	*	*
	c7.6	0,0002	<b>0,9684</b>	0,0185	0,0007	1,0008	0,0056	-	0,0012	-	0,0002	0,0006	-	*	*	*
	Ci.1	0,0021	0,6260	<b>0,3264</b>	0,0004	1,0141	*	*	*	*	*	0,0004	*	0,0015	*	-
	Ci.10	<b>0,0036</b>	<b>0,9892</b>	0,0044	-	0,9994	*	*	*	*	*	0,0021	*	-	*	0,0005
Valdarcas	Ci.3	0,0019	0,7113	0,2347	0,0009	1,0159	*	*	*	*	*	<b>0,0023</b>	*	-	*	-
	Ci.5	0,0003	0,7254	0,2291	-	1,0144	*	*	*	*	*	0,0006	*	0,0007	*	-
	Ci.6	0,0026	0,7230	0,2292	-	0,9998	*	*	*	*	*	0,0009	*	0,0012	*	0,0004
	Ci.7	<b>0,0059</b>	<b>0,9886</b>	0,0001	-	1,0009	*	*	*	*	*	0,0016	*	0,0001	*	-
	Ci.9	<b>0,0042</b>	0,6954	0,2526	-	1,0136	*	*	*	*	*	0,0015	*	0,0014	*	0,0005
	V10i	-	<b>0,8561</b>	0,1160	-	-	*	0,0022	*	*	*	0,0001	*	0,0015	0,0002	-
	V10	-	<b>0,8881</b>	0,1031	-	-	*	-	*	*	*	0,0001	*	0,0005	-	-
V3	<b>0,0035</b>	0,7094	0,2542	0,0008	1,0093	*	-	*	*	*	<b>0,0028</b>	*	-	-	-	

Para a posição Fe-Mn da volframite a variação química vestigial inclui (valores em APUF):

**Mg** (0,0512 – 0,0012) - referencia mais significativa para Sta Justa e eventualmente Castelhão – as amostras de ambiente vulcanogénico não o expressam significativamente;

**Al** (0,0327- 0,0001) - coincide, nos ambientes hidrotermais, com análises em volframites revestidas por tungstite; nos ambientes vulcanogénicos com fases ferberítica metaestáveis, com fenómenos de alteração – ferberitização associada;

**Pb** (0,0292 – 0,0001) – expressão mais significativa em ambiente hidrotermal, em miárols com cristalização stozítica;

Ca (0,0059 - 0,0003) – tem expressão nos dois ambientes (Figura V. 25), relaciona-se com as litologias calcossilicatadas e em suportes pseudomórficos, possivelmente em contacto com scheelites alteradas, no caso dos ambientes vulcanogénicos; em ambiente hidrotermal coincide com as cavidades com cristalização de stolzite;

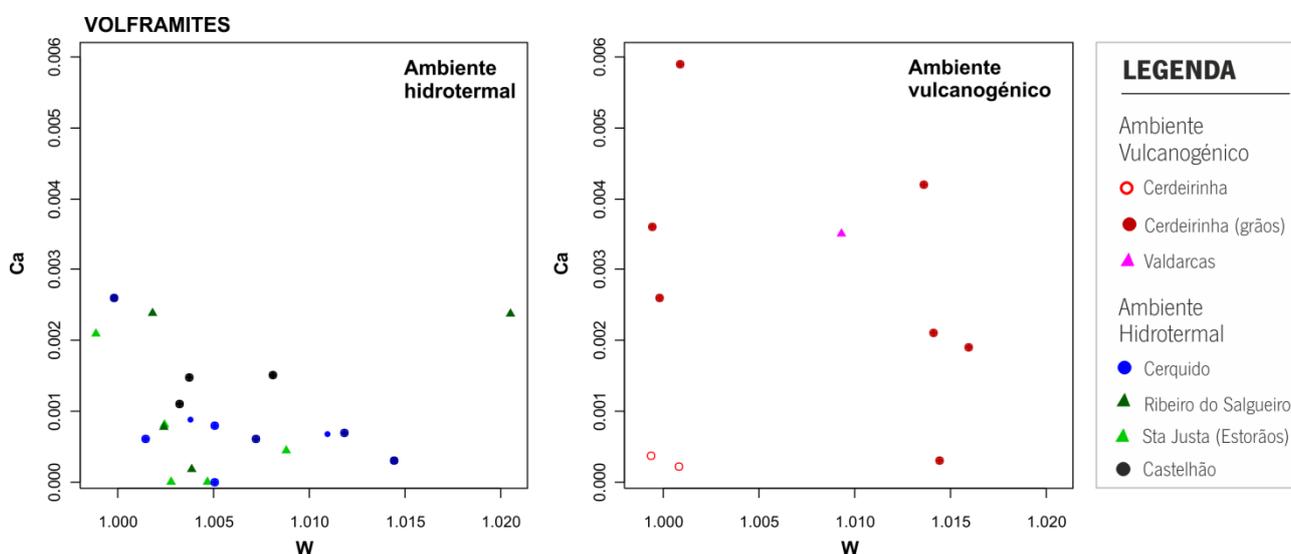


Figura V. 25. Expressão vestigial de Ca nas volframites, variação correlacionada dos conteúdos de Ca e W (APFU) – distinção dos ambientes de formação hidrotermal e vulcanogénico.

Bi (0,0028 – 0,0004) – expressão comum a todas as amostras de volframate analisadas, bem como em todos os portadores de W (Figura V. 26), os dimorfos stolzite-raspite são os que mostram maior conteúdo de Bi, seguindo-se as associações com sulfuretos e fases de alteração supergénica do Fulão; no ambiente vulcanogénico são evidentes os conteúdos mais baixos de Bi, sobretudo em hospedeiros calcossilicatados, de uma maneira geral as volframites em contacto com sulfuretos mostram maior conteúdo em Bi, nesses casos, o Pb acompanha o cortejo dos elementos vestigiais; na análise V3, significativamente mais alta corresponde a uma paragénesis de sulfuretos com óxidos de Ti, Fe fases de alta reflectância que não foram determinadas, supondo-se que dissessem respeito a sulfuretos de Bi inclusos nos na scheelite, que por sua vez incluía a ferberite pseudomórfizada  $[(\text{Fe}_{0.71}, \text{Mn}_{0.25}, \text{Ca}_{0.04})_{\Sigma 1.00} \text{W}_{1.01} \text{O}_4]$ .

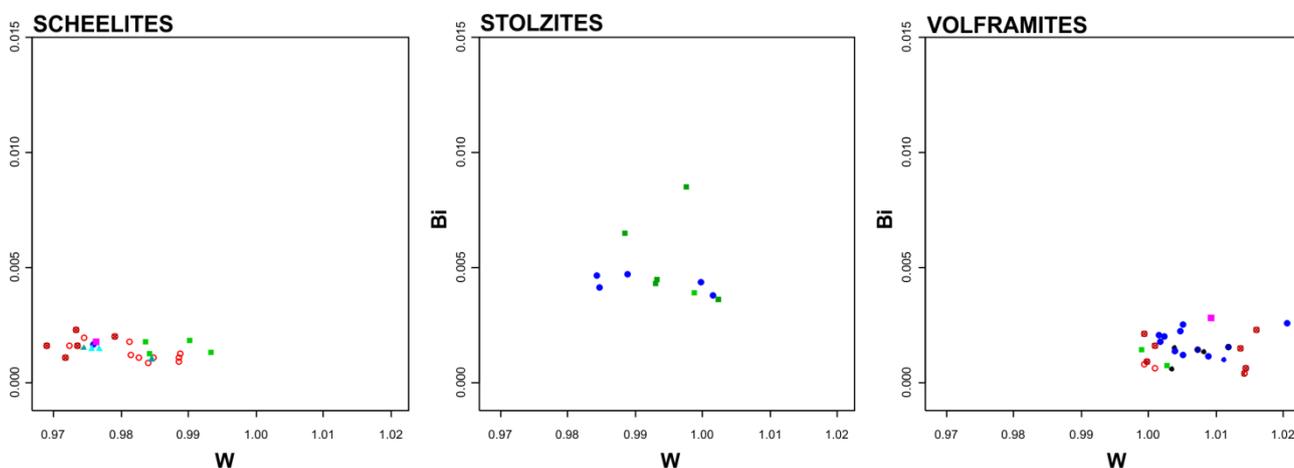
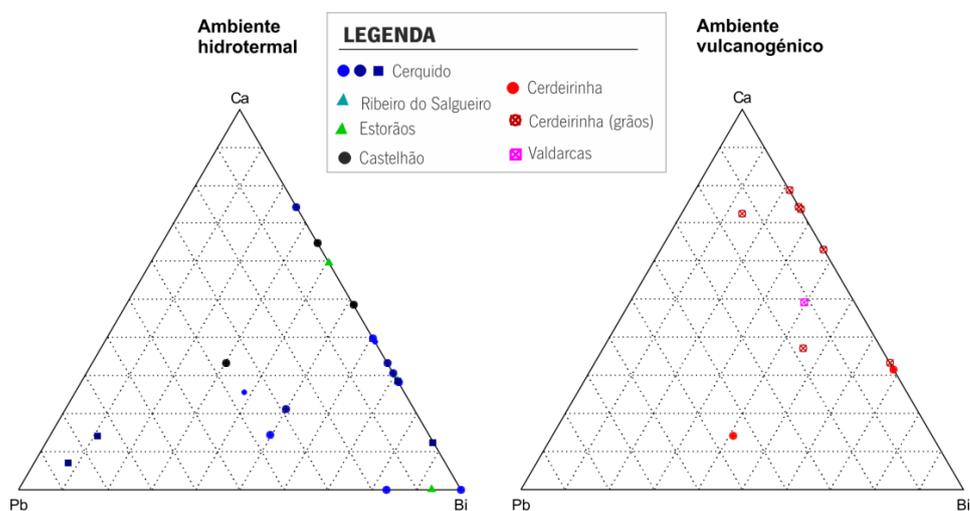


Figura V. 26. Expressão vestigial de Bi nos portadores específicos de W – scheelites, stolzites-raspites e volframites - variação correlacionada dos conteúdos de Bi e W (APFU).

Os conteúdos traço com presença mais constante nas volframites analisadas foram Ca, Pb e Bi. A localização das projecções nos diagramas triangulares da **Figura V. 27**, é distinta nos dois ambientes, no caso do ambiente vulcanogénico à uma maior dispersão sobre a linha Ca - Bi, sendo os conteúdos de Pb, normalmente baixos. No caso do ambiente hidrotermal identificam-se três grupos de projecções:  $(Pb_0 Bi_{20-90} Ca_{10-80})$   $(Pb_{30-40} Bi_{60-70} Ca_{10-40})$  e  $(Pb_{70-90} Bi_{10-30} Ca_{5-20})$ . As amostras mais ricas em Pb apenas corresponde a amostras do Cerquido.

O polo Bi tem expressão em todas as populações de tungstatos analisados (**Figura V. 26**), encontrando-se nos dois ambientes portadores específicos associados: no ambiente vulcanogénico encontra-se com frequência bismuto nativo e bismutinite; no ambiente hidrotermal nos estádios tardios de precipitação estão descritas bismutinite, esquiemoíte e termos da série matildite-galena (**Leal Gomes e Gaspar, 1992**), associados ao minério galenítico.

O enriquecimento simultâneo em Bi e Pb, indica a partilha de constituintes na geração ferberítica tardia de ambiente hidrotermal, provavelmente durante a fase de deposição de sulfuretos.



**Figura V. 27.** Diagramas triangulares Pb-Ca-Bi (elementos vestigiais mais relevantes) das volframites – distinção dos dois ambientes em estudo.

Para a posição do W (em coordenação octaédrica) podem referir-se os seguintes elementos vestigiais substituintes:

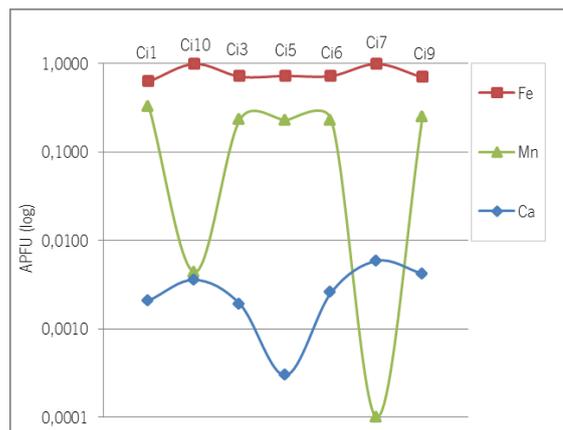
**Mo** (0,0005) – apenas representado nos grãos densos provenientes da frente de desmonte da Cerdeirinha, em níveis com sulfuretos, em **Dias et al. (2010)** foi identificado um portador específico – W-molibdenite – associado a litologias metavulcânicas com remobilização metálica extensiva, recristalização sob efeito de deformação e metamorfismo;

**Nb** (0,0040 – 0,0003); **Ta** (0,0014 – 0,0003) e **Sn** (0,0002) são pouco expressivos nos dois ambientes de formação;

Para Valdarcas foi ainda analisado **Cr** mas revelou conteúdos muito baixos. O **Na** apresentou-se em alguns espectros, mas na análise pontual de várias amostras dos dois ambientes estava abaixo do limite de detecção da MSE.

Destacam-se os conteúdos de Fe e Mn na solução sólida da volframite  $(Fe, Mn)WO_4$ , composicionalmente e atendendo ao rácio Fe/Mn a componente ferberítica sobrepõe-se em todas as volframites analisadas.

A análise com mais elevado conteúdo de Fe diz respeito aos grãos densos (pseudomorfoses após scheelite) do ambiente metavulcanogénico (**Figura V. 28**). Por exemplo Ci7 com [Fe (0,9886 APFU)], expressa um baixo conteúdo em Ca (0,0059), mas em ordem de grandeza é superior a Mn (0,0001). Muito embora se tenha observado nos mesmos grãos (Ci9) valores mais baixos de Fe (0,6954) com presença relevante de Mn (0,2526) e ainda algum Ca (0,0042) que permite relacionar a componente hübnerita à presença do Ca - relativamente expressivo nestas volframites.



**Figura V. 28.** Relação composicional dos conteúdos de Fe, Mn, Ca nos grãos densos da Cerdeirinha (eixo yy logarítmico).

Em Valdarcas (V3), num ambiente de formação afim e litologicamente similar, repete-se a mesma situação para os conteúdos: Fe (0,7094); Mn (0,2542) e Ca (0,0035).

No que respeita à particularidade da ferberite pseudomórfica (reinite) no depósito do Domo de Covas, reconheceu-se um cortejo afim de conteúdos vestigiais, ou traço, descritos para outros ambientes em que ocorrem reinites. Nesse contexto, **Goldman *et al.* (2013)** refere que, em comparação com volframites típicas de depósitos hidrotermais, por todo o mundo, a ferberite - reinite de Nyakabingo e Gifurwe - mostra enriquecimento em Ca, Pb, Sr, Ba, Al, Ga, As, Bi, Sb e Mo, pelo contrário, mostra valores comparativamente mais baixos para Sn, Zr, Hf, In, Ti, Sc, Nb, Ta, V, Mg, Zn e U.

Em ambiente hidrotermal na RMArga, pode reconhecer-se enriquecimento de volframites em Ca, com destaque para microambientes miarolíticos com precipitação de stolzite e raspite - revelando expressão ferberítica: Fe (0,8627); Mn (0,0649) e Ca (0,0024). Contudo, no mesmo ambiente, foi possível reconhecer os valores mais altos da componente hübnerítica, em volframites inclusas na scheelite: Fe (0,5312); Mn (0,4574) e Ca (0,0008).

Considerando a relação Fe-Mn dos dois ambientes em estudo, estes foram comparados com outros exemplos fora do contexto da Serra d'Arga, em ambientes de tipo pegmatítico a hidrotermal, analisados por **Neiva (2008)**: filões de quartzo com cassiterite > volframite - depósito de Argozelo (Vimioso, Bragança); filões de quartzo com volframite > cassiterite+molibdenite - depósito de Carris (Gerês, Montalegre); filões de quartzo com volframite > cassiterite - depósito de Filharoso (Alijó, Vila Real), filões de quartzo com volframite+scheelite > cassiterite - depósito de Vale das Gatas (Sabrosa, Vila Real) filões de quartzo com volframite > cassiterite - depósito da Panasqueira (Fundão, Castelo Branco)

Na **Figura V. 29** projectaram-se os valores de análise pontual apresentados na **Tabela V. 15** e os valores de **Neiva (2008)**.

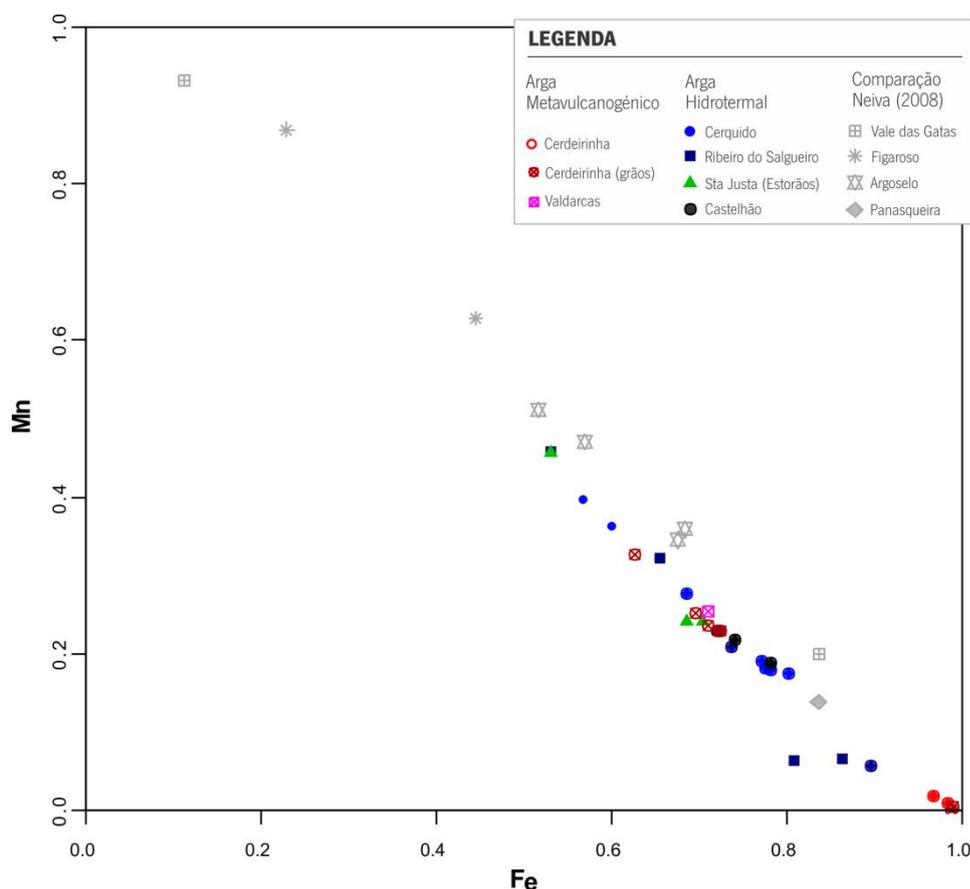


Figura V. 29. Diagrama de variação Mn/Fe (APFU), das volframites analisadas nos ambientes genéticos metavulcanogénico e hidrotermal. Projecção das composições analíticas de volframites de Vale das Gatas; Figaroso; Argoselo; Panasqueira - valores obtidos em Neiva (2008).

As volframites analisadas por Neiva (2008) são relativamente homogéneas, verificando-se um predomínio da componente hübnerite, com a excepção da análise da Panasqueira e de uma das análises de Vale das Gatas em cristais heterogéneos, possivelmente de formação prévia. Os valores mais altos da molécula hübnerítica correspondem ainda assim a Vale das Gatas.

As análises de Arga posicionam-se sobre conteúdos ferberíticos, representando o termo mais elevado as amostras de litologias metavulcanogénicas, mas também os micro ambientes hidrotermais, como os miárolos de precipitação de tungstato de Pb.

Reconhece-se uma fuga à tendência linear da correlação Mn/Fe, possivelmente pelo carácter relativamente instável das paragénese, suscitado por análises referentes a produtos de alteração supergénica. Nas posições mais próximas da tendência expressa em Neiva (2008) estão as amostras de Sta. Justa, que por seu turno, representam um depósito do tipo veio de quartzo *en echelon*, com menor amplitude de focagem que na dependência da zona de cisalhamento polifásica de Argas Cerquido, representada pelas amostras do Fulão (Cerquido-Cavalinho, Ribeiro do Salgueiro).

Ao longo dos programas de análise pontual, em MSE, na obtenção de valores quantitativos foram detectados sistematicamente problemas no fecho da análise das volframites com mais alto conteúdo de Mn, também daí o leve afastamento à correlação linear no diagrama Mn/Fe (Figura V. 29). Colocam-se as hipóteses de se tratar de fases mais alteradas, eventualmente sujeitas a fenómenos de hidroxilação pela oxidação do Fe, ou ainda hidratação.

## V.2.1.4.2. SCHEELITES

Tal como no estudo da composição química das volframites, procurou-se reconhecer variações nos elementos traço que se relacionem, de alguma forma, com precursores e sucessores paragenéticos. Do estudo realizado de intercrescimentos pode constatar-se, em ambos os ambientes de formação, a instabilização e alteração da scheelite com formação de tungstatos secundários. A composição química de scheelites, determinada por análise em MSE, está patente na **Tabela V. 16**, a fórmula estrutural foi calculada com base em 4 oxigénios.

**Tabela V. 16.** Composições quantitativas pontuais de scheelites (APFU) em MSE. Cálculo da fórmula com base em 4 oxigénios. SIMBOLOGIA: (-) valor inferior ao limite de detecção; (\*) composição não determinada. Destacam-se a **negrito** valores comparativamente mais altos, no ambiente ou amostra analisada. O conjunto de resultados de análise química em tungstatos (MSE) encontra-se no **Anexo VII**.

	ID	Ca	Fe	Mn	Pb	W	Ba	Sb	Mg	Nb	Ta	Sn	Bi	Na	Al	Mo	
Sta Justa (Estorãos)	E13n1	1,0411	-	-	-	0,9835	0,0031	0,0008	0,0003	-	-	-	0,0018	0,0007	*	*	
	E13n4	1,0140	-	0,0003	-	0,9933	<b>0,0035</b>	0,0001	-	-	-	-	0,0013	0,0001	*	*	
	E13n5	1,0401	-	-	-	0,9842	0,0020	<b>0,0014</b>	-	-	-	-	0,0013	-	*	*	
	E13n6	1,0204	-	-	0,0010	0,9902	0,0026	0,0003	0,0008	-	-	0,0003	0,0018	0,0011	*	*	
Cerquido	cerq8n1	1,0661	0,0018	-	-	0,9760	-	-	-	-	-	-	0,0017	-	*	*	
Ribeiro de Salgueiro	R4n1	1,0439	-	0,0010	-	0,9845	-	-	-	-	-	-	0,0010	-	*	*	
	R4n2	1,0702	-	0,0007	-	0,9756	-	-	-	-	-	-	0,0015	-	*	*	
	R4n16	1,0659	-	<b>0,0014</b>	0,0002	0,9767	-	-	-	-	-	-	0,0015	-	*	*	
	R4.1	1,0439	-	0,0010	-	0,9845	*	*	*	*	*	*	0,0010	*	-	-	
	R4.2	1,0688	-	0,0007	-	0,9744	*	*	*	*	*	*	0,0015	*	<b>0,0023</b>	-	
Cerdeirinha	c7.1	1,0190	<b>0,0118</b>	<b>0,0020</b>	-	0,9848	0,0028	0,0007	-	0,0017	-	-	0,0011	<b>0,0051</b>	*	*	
	c7.3	1,0269	0,0008	-	-	0,9887	0,0014	-	0,0015	-	0,0006	-	0,0012	-	*	*	
	c11n1	1,0668	0,0007	0,0003	0,0007	0,9722	0,0023	<b>0,0012</b>	<b>0,0058</b>	0,0006	-	-	0,0016	-	*	*	
	c11n2	1,0412	0,0036	-	-	0,9826	0,0020	0,0008	0,0014	-	0,0001	-	0,0011	-	*	*	
	c11n3	1,0635	0,0028	-	<b>0,0020</b>	0,9745	0,0029	0,0010	-	-	-	-	<b>0,0020</b>	-	*	*	
	C12n1	1,0460	0,0007	-	<b>0,0012</b>	0,9815	0,0035	0,0009	-	0,0003	-	-	0,0012	-	*	*	
	C12n2	1,0384	<b>0,0053</b>	0,0009	-	0,9839	0,0027	-	0,0012	0,0011	0,0001	-	0,0008	-	*	*	
	C12n3	1,0300	0,0011	0,0001	-	0,9812	0,0031	-	-	<b>0,0031</b>	0,0018	-	0,0018	<b>0,0060</b>	*	*	
	C12n5	1,0233	0,0011	0,0001	0,0002	0,9885	<b>0,0037</b>	<b>0,0011</b>	-	0,0008	-	-	0,0009	-	*	*	
	C12n6	1,0248	0,0003	-	0,0002	0,9884	<b>0,0037</b>	<b>0,0011</b>	-	-	-	-	0,0011	0,0026	*	*	
	Cerdeirinha (grãos)	Ci2	1,0553	0,0010	<b>0,0024</b>	-	0,9790	*	*	*	*	*	*	0,0020	*	0,0009	-
		Ci4	1,0752	0,0019	-	-	0,9735	*	*	*	*	*	*	0,0016	*	-	-
		Ci8	1,0675	0,0000	-	0,0007	0,9733	*	*	*	*	*	*	<b>0,0023</b>	*	<b>0,0045</b>	0,0005
		Ci11	1,0799	0,0000	0,0006	-	0,9717	*	*	*	*	*	*	0,0011	*	-	<b>0,0009</b>
Ci12		1,0806	<b>0,0054</b>	0,0014	0,0005	0,9689	*	*	*	*	*	*	0,0016	*	0,0008	0,0006	
Valdarcas	V3	1,0660	0,0003	-	-	0,9763	*	*	-	*	*	*	0,0018	*	-	0,0007	

A variação da composição química vestigial das scheelites inclui (valores em APFU):

**Fe** (0,0118 – 0,0003) – os mais altos valores foram detectados na análise de uma amostra da Cerdeirinha com sulfuretos maciços com inclusões de scheelite de baixa granulometria, intercrescida com calcopirite e pseudomorfozes de ferberite; no ambiente hidrotermal apenas uma amostra revelou conteúdos menos próximos do limite de detecção, igualmente num intercrescimento com sulfuretos, neste ambiente, na maioria das análises, o Fe estava a baixo do limite de detecção da MSE;

**Mn** (0,0024 – 0,0001) – os valores mais altos correspondem às amostras da Cerdeirinha, associadas a sulfuretos maciços, contudo, em análises de scheelites de ambiente hidrotermal, com inclusões em sulfuretos, óxidos e arsenatos (Ribeiro do Salgueiro) foram também reconhecidos conteúdos traço manganíferos;

**Bi** (0,0023 – 0,0008) – todas as análises de scheelite apresentam conteúdos de Bi; os mais elevados dizem respeito aos grãos densos da Cerdeirinha, onde se reconheceram inclusões de Bi e eventualmente bismutinite;

A distribuição dos elementos traço com expressão mais significativa está patente no diagrama Mn – Fe – Bi (Figura V. 30) em que se nota uma tendência de afastamento ao polo do Mn, semelhante ao que se passa com os tungstatos de Pb.

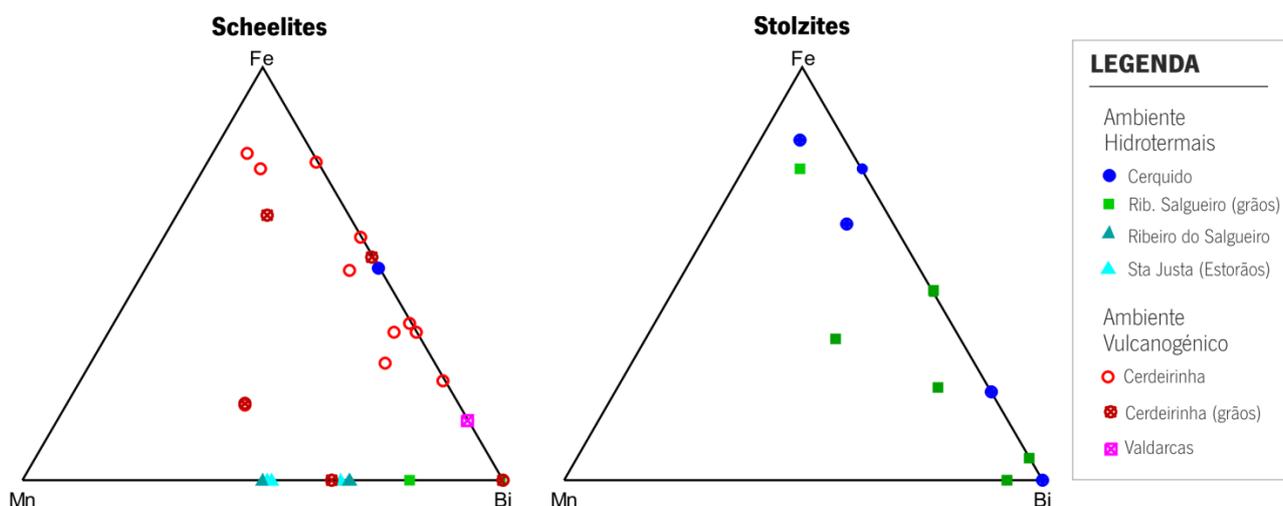


Figura V. 30. Diagramas triangulares Mn – Fe – Bi, elementos traço com expressão em scheelites e stolzites – raspites.

**Pb** (0,0020 – 0,0002) – as reduzidas análises que revelam este metal dizem respeito, com valores mais altos, a scheelites da Cerdeirinha, reconheceram-se para Sta. Justa e Ribeiro do Salgueiro conteúdos menos significativos, a generalidade das análises manifestam valores abaixo do limite de detecção;

**Sb** (0,0014 - 0,0001) - várias análises de amostras da Cerdeirinha, em litologias calcossilicatadas e sulfuretos maciços apresentam a primeira ordem de grandeza; em ambiente hidrotermal, foi apenas observado – o valor mais alto – na Sta Justa numa scheelite com diversas inclusões;

**Ba** (0,0037 - 0,0014) – os valores mais altos surgem nas amostras da Cerdeirinha, com excepção dos grãos densos de pseudomorfofos com scheelite residual a insipiente; foi também detectado em Sta Justa na mesma ordem de grandeza; nas restantes amostras de ambiente hidrotermal encontrando-se abaixo do limite de detecção da MSE;

**Ti** (0,0009 - 0,0001) – encontra-se abaixo do limite de detecção na maioria das amostras, com excepção de uma scheelite do Fulão, com intercrescimento de vários sulfuretos e óxidos, ainda, muito residualmente numa scheelite nuclear de um grão de ferberite pseudomórfica;

**Mg** (0,0058 - 0,0003) – nas paragénese calcossilicatadas da Cerdeirinha, observaram-se os conteúdos mais altos, contudo, foram também notados muito residualmente em Sta Justa;

**Nb** (0,0031 - 0,0003) e **Ta** (0,0018 - 0,0001) - a expressão mais alta foi observada em litologias hiperferríferas da Cerdeirinha, com hematite especular e inclusões lamelares de elevada reflectância indiscriminados; surge ainda noutras amostras da Cerdeirinha, mas para ambientes hidrotermais encontra-se abaixo do limite de detecção;

**Na** (0,0060 - 0,0001) - os conteúdos mais altos correspondem a paragéneses da Cerdeirinha, os mais baixos a Sta. Justa;

**Al** (0,0045 - 0,0008) - tal como indicado para as volframites, este conteúdo vestigial vem associado a tungstatos secundários, por um lado ferberites pseudomórficas (Cerdeirinha), por outro a stolzite-raspites (Ribeiro do Salgueiro), nas scheelites apresenta menor ordem de grandeza;

**Mo** (0,009 - 0,0005) - reconheceu-se em algumas análises das amostras da Cerdeirinha e Valdarcas, muito embora, se encontrasse muito próximo do limite de detecção da MSE;

**Y** (0,0011) - apenas detectado numa análise em scheelite residual em miárola de stolzite; reconheceram-se inclusões em pirite de um fosfato de Y (xenotima) e em scorodite do mesmo fosfato hidratado (possivelmente churchite).

Na projecção de Ca com o W (Figura V. 31) podem admitir-se duas correlações inversas, aproximadamente sub-paralelas, distinguindo os ambientes quanto a possíveis substituições do W possivelmente por Mo (scheelites compósitas, associadas a ferberites pseudomórfica nos grãos analisados da Cerdeirinha).

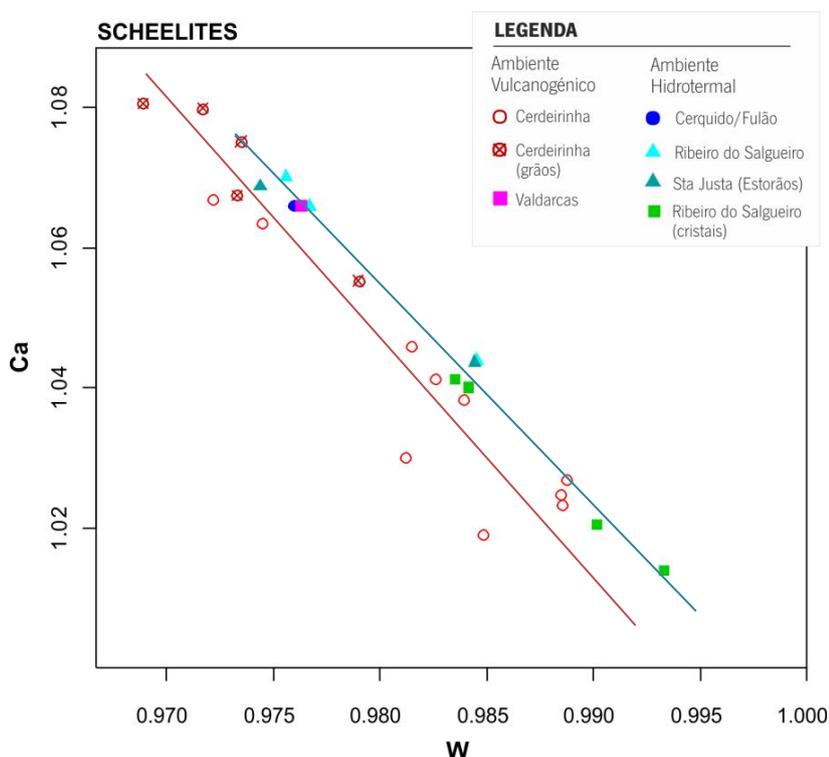


Figura V. 31. Diagrama de variação Ca/W (APUF), das scheelites analisadas nos ambientes genéticos meta-vulcanogénico e hidrotermal de Arga.

Pode admitir-se que as scheelites observadas em diferentes contextos paragenéticos - metavulcanogénico a exalativo (Cerdeirinha e Valdarcas) e hidrotermal de zonas de cisalhamento polifásico (Fulão, Santa Justa) - não apresentam diferenças composicionais significativas.

#### V.2.1.4.3. TUNGSTATOS SECUNDÁRIOS

A stolzite é um tungstato estável perante a mineralização de Pb-Bi-Ag que ocorre em ambiente hidrotermal, nos cisalhamentos tardios. Em paragéneses ocorre a raspite, dimorfo da stolzite. Pela análise de intercrescimentos, ambos

podem ser assumidos como tungstatos secundários em substituição da scheelite e volframite. Apenas foram reconhecidos em amostras respeitantes ao Fulão e sectores anexos – Ribeiro do Salgueiro, Cerquido, Cavalinho, na Zona de Cisalhamento Argas-Cerquido (ZCAC).

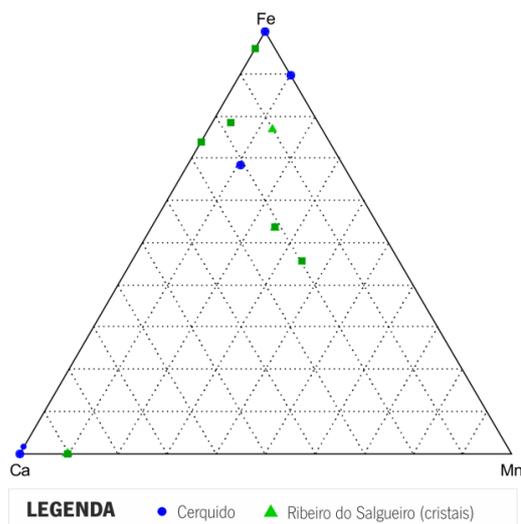
A composição química, determinada por análise em MSE, está patente na **Tabela V. 17**, a fórmula estrutural foi calculada com base em 4 oxigénios.

**Tabela V. 17.** Composições quantitativas pontuais de stolzite/raspite (APFU) em MSE. Cálculo da fórmula com base em 4 oxigénios. SIMBOLOGIA: (-) valor inferior ao limite de detecção; (\*) composição não determinada. Destacam-se a **negrito** valores comparativamente mais altos, no ambiente ou na amostra analisada.

	ID	Ca	Fe	Mn	Pb	W	Ba	Sb	Ti	Mg	Nb	Ta	Sn	Bi	Na	Al
Ribeiro do Salgueiro (miárola)	Ef1	<b>0,0028</b>	-	0,0003	0,9842	1,0024	*	*	-	*	*	*	*	0,0036	*	-
	Ef4	0,0005	0,0022	0,0001	0,9424	0,9991	*	*	-	*	*	*	*	<b>0,0382</b>	*	-
	Ef6	0,0006	0,0015	0,0007	0,9978	0,9933	*	*	-	*	*	*	*	0,0045	*	<b>0,0086</b>
	Ef7	0,0016	0,0037	<b>0,0028</b>	1,0053	0,9931	*	*	-	*	*	*	*	0,0043	*	0,0006
	Ef10	0,0019	0,0054	-	1,0110	0,9885	*	*	-	*	*	*	*	0,0065	*	0,0044
	Ef11	0,0003	<b>0,0072</b>	-	0,9867	0,9977	*	*	-	*	*	*	*	0,0085	*	-
Cavalinho (sulfureto)	ef91	0,0028	-	0,0003	0,9842	1,0024	-	-	-	-	-	-	-	0,0036	-	-
	ef926	0,0006	0,0015	0,0007	0,9978	0,9933	-	-	-	-	-	-	-	0,0045	-	-
	ef94	<b>0,0033</b>	<b>0,0249</b>	<b>0,0042</b>	0,9525	0,9989	0,0127	-	-	-	-	-	-	0,0039	-	-
Cerquido (scheelite)	cerq84	<b>0,0631</b>	0,0010	-	0,9256	1,0015	-	-	-	-	-	-	-	0,0038	-	-
Fulão (sulfuretos e Hidróxidos de Fe)	f523	0,0032	0,0106	0,0017	0,9852	0,9890	<b>0,0144</b>	-	-	-	<b>0,0044</b>	-	-	0,0047	-	-
	f524	-	0,0144	-	0,9999	0,9843	0,0136	-	-	-	0,0030	0,0017	0,0003	0,0047	-	-
	f525	-	<b>0,0408</b>	<b>0,0046</b>	0,9711	0,9847	0,0126	-	-	-	0,0036	0,0004	0,0002	0,0042	-	-
	f141	<b>0,0034</b>	-	-	0,9906	0,9998	-	-	-	-	-	-	-	0,0044	-	-

A variação da composição química vestigial das stolzite-raspites inclui (valores em APUF):

**Ca** (0,0631 – 0,0003) e **Fe** (0,0408 – 0,0015) relacionam-se na mesma ordem de grandeza, mais altos conteúdos de Ca estão em stolzite inclusas em scheelite; as stolzite com maior expressão ferrífera estão associadas a produtos de evolução de sulfuretos – goethite e scorodite; na **Figura V. 32** o diagrama mostra entre o conjunto de análises realizadas uma maior tendência ao polo Fe, em detrimento de **Mn** (0,0046 – 0,0001), muito pouco expressivo.



**Figura V. 32.** Diagrama triangular de Ca - Fe - Mn - elementos traço presentes nos precursores da stolzite - raspite.

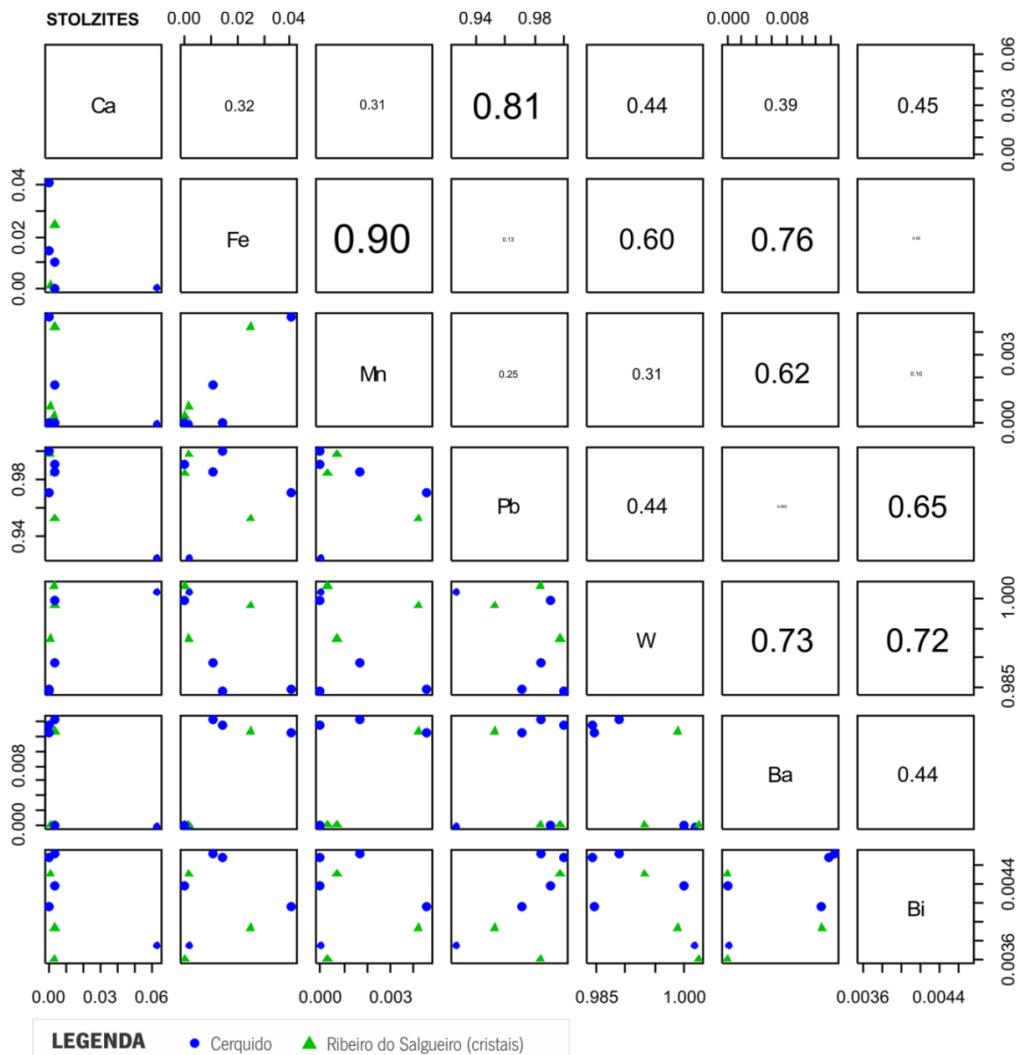
**Bi** (0,0382 – 0,0036) – tal como nas composições de scheelite e volframite analisadas, também nos tungstatos de Pb tem expressão semelhante, levemente superior, tal como se destaca na **Figura V. 26**;

**Ba** (0,0144 – 0,0126) – comparativamente aos restantes tungstatos este conteúdo tem aqui menor expressão, na maior parte das análises apresenta-se abaixo do limite de detecção; os conteúdos mais altos estão associados a fases intercrescidas com sulfuretos;

**Al** (0,008 – 0,0006) – detectado apenas em cristais intercrescidos com tungstites, apresentando conteúdos superiores aos das scheelites, na mesma paragénese e inferior ao da volframite;

**Nb** (0,0044 – 0,0030), **Ta** (0,0017 – 0,0003) e **Sn** (0,0003 – 0,0002) reconheceram-se apenas em paragénese com sulfuretos fortemente alteradas.

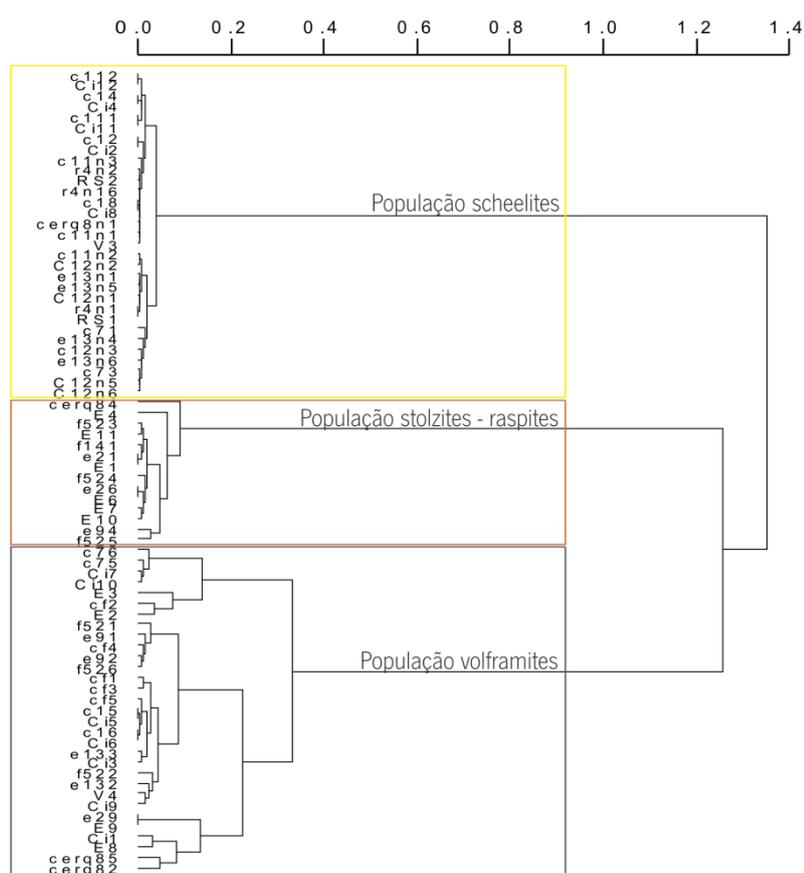
Para os elementos principais e para os que apresentavam variações mais homogêneas realizou-se uma matriz de correlação (**Figura V. 33.**) incluindo Ca, Fe, Mn, Pb, W, Ba, Bi. Pode realçar-se melhor correlação entre Ca e Pb (0,81) que Fe e Pb (0,04); valores de Ba mostram-se bem correlacionados com W e Fe; a expressão bismutinífera parece assim melhor correlacionada com W.



**Figura V. 33.** Diagrama de correlação composicional de stolzite - raspite para os elementos: Ca, Fe, Mn, Pb, W, Ba e Bi.

### V.2.1.5. Síntese decorrente do estudo de tungstatos

Para o conjunto das composições apresentadas aos diferentes tungstatos submeteu-se uma análise de *clusters*. Esta análise envolve procedimentos estatísticos de classificação de indivíduos (composições pontuais em tungstatos) segundo as semelhanças e dissemelhanças. As composições são organizadas em grupos relativamente homogêneos (*clusters* – neste caso portadores específicos de W). Os métodos utilizados no agrupamento são exploratórios tendo por objectivo gerar hipóteses validadas, neste caso, por aplicação do método hierárquico. O dendograma da **Figura V. 34** esquematiza a matriz de semelhança entres as composições de análise pontual dos tungstatos estudados.



**Figura V. 34.** Dendograma para o conjunto de análises pontuais realizadas em tungstatos I e II na RMArga (clusters segundo as médias de Fe, Ca, Pb e Bi).

Neste caso, no conjunto de 76 análises pontuais foi possível identificar os elementos maiores Fe, Ca, Pb em quantidade distintas e o elemento traço Bi, comum a todas as amostras. Estes elementos constituíram as variáveis, por cujas médias se agruparam as amostras em grupos tão semelhantes quanto possível e sempre mais semelhantes aos elementos do mesmo grupo do que aos elementos dos restantes. Identificaram-se 3 *clusters* previsíveis de tungstatos: scheelite, volframite e stolzite/raspite. Percebeu-se que dentro dos *clusters* existe diversidade.

O Bi não constitui um elemento determinante na formação de *clusters*, mas ainda assim, pode criar heterogeneidades.

Importou realçar que a população de tungstatos de Pb parece ter maior afinidade à população de volframites, contrariamente à sucessão mais convencional scheelite → stolzite considerada por **Palanche *et al.* (1951)** e testada experimentalmente por **Hsu (1981)**. Ainda assim reconheceu-se para os tungstatos de Pb uma correlação forte de Ca-Pb (**Figura V. 33**).

Dos agrupamentos obtidos no dendrograma da **Figura V. 34** não se podem propor afinidades entre ambientes de formação, pelo menos no que respeita aos elementos considerados Fe, Ca, Pb e Bi.

Ao nível mineroquímico reconheceram-se os seguintes aspectos:

- Tendência ferberítica generalizada das volframites;
- Maior conteúdo de molécula ferberítica em volframites de ambiente vulcanogénico – metassomático;
- Lixiviação extensiva de Mn nas volframites, possivelmente perante fenómenos de interacção água-rocha

(Dias e Leal Gomes, 2010);

- Scheelite e volframite mostram composições similares quando se comparam os índices primordiais singenéticos, atribuídos a pré - concentrações de W exalativas e metassomáticas (Cerdeirinha e Valdearcas), com as mineralizações hidrotermais subsequentes, alojadas em cisalhamentos (Fulão, Sta. Justa, Castelhão);

- Transição volframite/scheelite → stolzite em ambientes de focagem hidrotermal, em episódios de deformacionais mais tardios.

Na análise textural e paragenética verifica-se que em todos os reposicionamentos deste metal ocorrem sulfuretos associados em diferente proporção. Os índices tungstíferos primordiais são atribuídos a pré - concentrações exalativas (SEDEX). A expressão mineralógica inclui os seguintes termos paragenéticos, retomados de Dias e Leal Gomes (2011) e Leal Gomes *et al.* (2011):

1. scheelite primordial vulcanogénico-exalativa;
2. scheelite metassomática e tungstenomolibdenite;
3. volframite metassomática e scheelite metassomática;
4. ferberite metassomática (substituição Ca - Fe isoestrutural pseudomórfica);
5. volframite hidrotermal precoce;
6. scheelite hidrotermal metastável;
7. stolzite hidrotermal tardia;
8. raspite (inversão isomórfica) hidrotermal e alteração supergénica;
9. tungstite supergénica.

As situações 1 a 4 (por vezes 8) correspondem a ocorrências estratiformes mais ou menos metassomatizadas, bem representadas no depósito do Domo de Covas. As situações 5 a 7 (por vezes 8) foram identificadas em especial em depósitos hidrotermais ao longo da Zona de Cisalhamento de Argas – Cerquido (ZCAC).

Segundo Leal Gomes *et al.* (2011), nos mesmos cisalhamentos, a transição de volframite/scheelite → stolzite, nos episódios de deformacionais mais tardios, tem equivalência ao fenómeno de diluição aurífera que é atribuído aos fluidos parentais da mineralização de *electrum* (Leal Gomes e Gaspar, 1992). Assim, em condições hidrotermais de baixa temperatura e em espaços dilatacionais tardios ocorrem, em equivalência paragenética, *electrum*, ferberite, stolzite-raspite.

O desequilíbrio reaccional da volframite perante os fluidos que levam à precipitação de stolzite parece modificar as composições do primeiro mineral. Nas zonas com mais stolzite a volframite contígua encontra-se ferberitizada, sugerindo o desequilíbrio da volframite mais precoce perante o fluido produtor de stolzite. A stolzite é um tungstato frequente em veios hospedados em cisalhamentos tardios mas não nos depósitos estratiformes, mesmo quando se consideram várias gerações de tungstatos em alguns dos sectores mais metassomatizados.

A stolzite preenche zonas fracturadas no seio da volframite, sendo posterior às restantes gerações de tungstatos de Fe e Mn e de Ca. As condições para a sua cristalização verificam-se nos estádios hidrotermais mais tardios

relacionados com as reactivações pós-D3 da ZCAC (estádio Pb-Bi-Ag em **Leal Gomes e Gaspar, 1992**). Esta pode considerar-se um produto de lixiviação e re-precipitação de W perante fluidos hidrotermais enriquecidos em Pb.

Em scheelites brechificadas no contacto com quartzo, as fracturas tanto do lado do quartzo, como do lado da scheelite estão penetradas por stolzite. A primeira stolzite terá sido produto da interacção com tungstatos precoces por parte das soluções enriquecidas em Pb, Bi e Ag. Nos espaços dilatacionais em que se observa a stolzite estão geralmente presentes diversos sulfuretos (pirite, galena, bismutinite).

Alguma stolzite miarolítica serve de base de nucleação a carminite e beudantite, mas na periferia dos seus cristais, e ainda, engloba a parte inicial do crescimento de fosfatos de Pb, Al e Bi – plumbogummite e petitjeanite. A reprecipitação da stolzite em associação com scorodite-beudantite pode ser encarada como indicadora da dissipação das condições de precipitação hipogénicas hidrotermais.

Em alguns miárolos o tungstato de Pb ocorre também sob a forma de raspite (discriminável por difractometria de Rx e pela morfologia dos cristais em imagens de electrões retrodifundidos em MEV). Nas mesmas condições de observação a stolzite apresenta-se sob a forma de agregados poliédricos, concomitantes com o crescimento de marcassite ou pirite.

Uma assinatura típica desta fase de mineralização é a ocorrência de xenotima inclusa em pirite e stolzite, e ainda, possivelmente sob uma forma hidratada, a churchite, que ocorre inclusa em scorodite e raspite.

É possível que, tal como se reconhece em **Leal Gomes *et al.* (2011)**, em condições de baixa temperatura e em dilatações transpressivas formuladas durante *uplifting* e por oscilações da disponibilidade de oxigénio, se tenham alternado as condições de estabilidade da stolzite e da raspite:

- Sistemas mais oxidantes = stolzite + raspite ± fosfatos e arsenatos;
- Sistemas mais redutores = stolzite ± raspite ± sulfuretos.

As diferentes ocorrências de minerais de W apresentam ainda “tungstites” tardias. No entanto, elas são mais persistentes nas paragénese em que a volframite ocorre com sulfuretos, constituindo o revestimento parcial de *boxwork*.

As volframites metassomáticas e as que resultam de fenómenos pseudomórficos tendem a possuir maior conteúdo de molécula ferberítica em qualquer dos modos de ocorrência. A lixiviação metassomática e tardia de Mn nas volframites parece ser um fenómeno ubíquo.

As pseudomorfoses de ferberite após scheelite poderão resultar da diminuição da relação Ca/Fe testemunhada sobretudo em paragénese com hematite especular em associações com anfíbola, apatite e biotite, sendo possível reconhecer aí condições específicas de oxidação. A conservação morfológica da scheelite primitiva terá permitido uma reacção de substituição a partir da margem do cristal para o centro, segundo as orientações cristalográficas da scheelite, resultando por vezes pseudomorfoses incompletas ou com núcleos preenchidos com produtos de reacção tardia.

## V.2.2. ESTUDO DE AMBIENTES DE NEOFORMAÇÃO MINERALÓGICA – PRINCÍPIOS GERAIS

A presença de neoformações mineralógicas em escombrelas decorre fundamentalmente da evolução de paragénese primárias com sulfuretos. Na secção anterior situaram-se mineralizações tungstíferas em ambientes genéticos a que se associam também sulfuretos: **hidrotermal** (depósitos filonianos em zonas de cisalhamento) e **metavulcanogénico a exalativo** (depósitos metassomáticos após enriquecimento protolítico). Também foi possível reconhecer paragénese secundárias associadas ao metassomatismo, alterações hidrotermais, alterações **supergénicas e meteorização**.

Serão agora objecto de análise os produtos de alteração ou neoformação mineralógica supergénica ou meteórica, formados em condições de pressão e temperatura atmosférica, em ambiente fundamentalmente oxidante. De uma maneira geral, estas neoformações apresentam modos de ocorrência particulares, textualmente complexos, em função da paragénese e mineroquímica primária. Incluem fases impuras, amorfas, metaestáveis e admitem diferentes graus de cristalinidade (parâmetro cristalográfico com verificação em perfis difractométrico de Rx, neste estudo assume-se ainda a sua determinação expedita associada à morfologia, tamanho, persistência e discriminação dos cristais).

Entre os principais **modos de ocorrência** de neoformações podem referir-se os que são típicos de **crescimento livre** (cristais tendencialmente automórficos, botrioidais, agregados em roseta); de **crescimento confinado** (massas de substituição, arranjos bandados, geliformes) e ainda as morfologias em ambiente de formação específica (eflorescências, produtos pulverulentos, crustificações, espeleotemas ocres).

As **texturas** reconhecidas em neoformações incluem: texturas de **substituição** – testemunham fenómenos de lixiviação - dissolução - precipitação com persistência relativa da fase precursora; texturas de **revestimento** - coberturas lamelares, concêntricas, oolíticas ou concrecionais, com espessura, consistência e compacidade variável; texturas de **preenchimento** – massiva, porosa, residual, em cavidades ou fractura (*boxwork* e *network*). Com destaque, referem-se as texturas **coloidais**, na acepção de **Ramdohr (1960)**, de ambientes superficiais e hidrotermais de baixa T, incluindo precipitados difusos metaestáveis, de fraca cristalinidade, em que mecanismos de concentração ou aglutinação originam fases susceptíveis de cristalizar por diferença de carga, na presença de electrólitos ou de organismos específicos.

O conjunto de **transformações** que afectam paragénese primárias, identificadas na RMArga, foi proposto em **Valente e Leal Gomes (1995)** e inclui:

AUMENTO DA PERSISTÊNCIA E ESTABILIDADE

- Salinização** - alteração por evaporação de fluidos lixiviantes (ácidos e saturados) transportados por capilaridade entre os materiais acumulados, com formação salina (eflorescências) acentuando a sub-granulação segundo ciclos de impregnação-dessecação, por efeito da *cunha salina*;
- Ferruginização** - alteração por lixiviação de paragénese com sulfuretos, precipitação de oxi-hidroxidos de Fe e hidroxí-sulfatos acentuando reacções de incremento metálico, sob a forma de produtos ocres mais ou menos consolidados, de aspecto floculado ou geliforme;
- Argilização** - alteração por lixiviação de paragénese calcossilicatadas, geralmente sujeitas a fragmentação mecânica (meteórica ou imposta no tratamento mineiro), com precipitação de minerais de argila;
- Crustificação** – acreção detrítica de grãos da paragénese primária e precipitação/deposição de uma matriz coalescente (cimento), produzindo crustas, camadas e cápsulas com espessura, dureza e consistência variável, com baixa permeabilidade.

A persistência e estabilidade dos produtos formados constituem critérios fundamentais para definir aqueles fenómenos, podendo discriminar-se alterações mecânicas e química, bem como mineralizações típicas (Tabela V. 18).

**Tabela V. 18.** Características dos principais fenómenos de transformação supergénica e exemplos de minerais reconhecidos em EMA. Graus de intensidade relativa: sem significado (-) a elevada intensidade

	Alteração mecânica		Alteração química		Tipo de produtos neoformados	Minerais (exemplos na RMArga)
	Acréção	Desagregação	Dissolução - Lixiviação	Fixação metálica		
SALINIZAÇÃO	-	++	+++	++	eflorescências salinas - sais hidratados (meta)estáveis	rozenite, gesso = sais muito solúveis carminite, beudantite, segnitite, rooseveltite } associações salinas pouco solúveis
FERRUGINIZAÇÃO	+	-	+++	++	hidroxi-sulfatos e óxidos-hidróxidos de Fe	goethite, lepidocrocite, jarosite, schwertmannite, ferrihydrite
ARGILIZAÇÃO	++	-	++	+	argilas	minerais de argila indiferenciados
CRUSTIFICAÇÃO	+++	-	+	+++	crustificações produtos ocreos	minerais até aqui referidos + scorodite, farmacosiderite, kanquite, diadoquite + detritos do depósito primário (graus de alteração indiferenciados)

No presente estudo deu-se atenção especial ao fenómeno de crustificação, por ter uma expressão persistente e extensiva nos vários ambientes de neoformação mineralógica em EMA. A diversidade de crustificações reconhecidas na RMArga, tornam esta região exemplar no estudo de ambientes e produtos de neoformação.

A mineralogia neoformada pode ser indicadora dos fenómenos e dos metais e/ou metalóides envolvidos na (des)estabilização ambiental, desta forma, é possível reconhecer zonas com incidência específica, ou seus vectores de dispersão (Valente, 1996, 2004; Antunes, *et al.* 2002; Abreu, *et al.* 2009; 2004; Haffert e Craw, 2008; Mateus *et al.*, 2008; Ferreira da Silva, *et al.* 2009; Figueiredo e Silva, 2011; Murciego, *et al.* 2011; Alves, 2011; Oliveira, 2011; Duarte *et al.* 2012). Concretamente as crustificações promovem um efeito de bloqueio, designado por Valente (2004) de *tampão geoquímico*, impedindo a difusão do oxigénio e reduzindo a interacção mineral- água, o que limita a evolução de fases mais reactivas. Como hipótese, admite-se que as crustificações exerçam um controlo efectivo de fenómenos de destabilização ambiental, importantes para o estudo e avaliação do impacte. Muito embora, a evolução supergénica e meteórica que se verifica em crustas possibilite ainda a consideração de fenómenos de enriquecimento metálico, retenção de fracções densas, minerais-úteis e/ou minerais-guia que alargam o estudo à apreciação do interesse económico, numa aproximação preliminar (pesquisa e prospecção em fase estratégica).

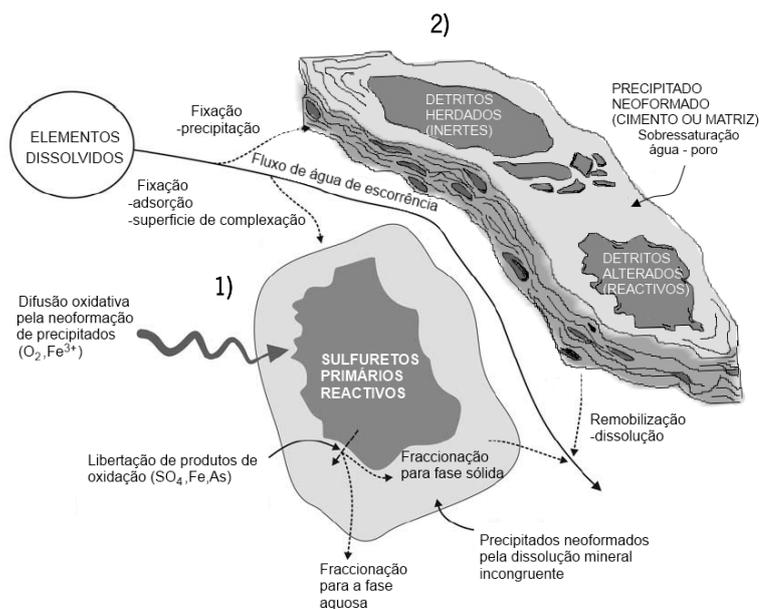
O estudo de crustificações abrange as seguintes escala de apreciação: **macro** - o afloramento, talude ou corta mineira; **meso** - a amostra de mão, na presença ou não do sulfureto primário; **micro** - cavidades, fracturas ou poros com produtos de substituição, dissolução e/ou precipitação mineral. A Figura V. 35 ilustra um conjunto de reacções que se podem estabelecer entre o suporte mineral primário (sulfureto), o meio aquoso e o produto crustificado.

Segundo a proposta de Valente e Leal (1995), uma crustificação inclui fracções geneticamente diferenciáveis: *detrítica herdada, relativamente inerte* - minerais primários decorrentes do processamento mineiro com cominuição em

função do grau de desenvolvimento do diagrama de tratamento dos minérios, estes detritos não revelam alteração meteórica significativa; *detritica alterada, relativamente reactiva* - minerais do depósito (típicos de zonas hipogénicas, supergénicas e gossanizadas) com maior reactividade e alterabilidade, mostrando marcas específicas de alteração; *neoformada* - fases minerais formadas em condições supergénicas e/ou meteóricas, precipitadas por sobressaturação de microambientes, funcionando como ligantes ou aglutinantes, constituindo o cimento ou matriz.

No esquema da **Figura V. 35** está ilustrado um conjunto de reacções que ocorrem em ambiente de neoformação, na presença de sulfuretos, escorrências superficiais ou efluentes mineiros.

**Figura V. 35.** Esquema simplificado do ambiente de crustificação: **1)** em fragmentos de sulfuretos primários reactivos que acomodam produtos crustificados pouco espessos na dependência e interface do suporte primário - sulfuretos; **2)** crustificações propriamente ditas que integram as fracções detriticas herdada e alterada aglutinadas por precipitados neoformados decorrentes de fenómenos de alteração supergénica em resíduos mineiros na presença de escorrências superficiais. Estas soluções contêm metais e metalóides dissolvidos que contribuem para a neoformação mineralógica e o controlo geoquímico mineral-água (esquema modificado de **Petrunic et al., 2009**).



Segundo a terminologia e definição propostas em **Valente (2004)**, os tipos de crustificação e suas principais propriedades podem distinguir-se pela mineralogia do cimento ou matriz, que promove a aglutinação dos constituintes:

**Ferralítica, com cimentos de baixa cristalinidade** (constituídos por schwertmannite e ferrihydrite) - películas lamelares pouco espessas e quebradiças (fraca coesão, parte com dedo) - na dependência hídrica promovem revestimentos policromáticos, associados sempre à margem de cursos de água, ou pontos de acumulação, podem evoluir para crustificações de maior cristalinidade e persistência;

**com cimentos de média cristalinidade** (constituídos por jarosite > goethite, lepidocrocite) - estruturas laminares mais ou menos espessas, com ritmos de deposição oscilatória, quebradiças (coesão moderada, parte com a mão) - ambientes próximos de cursos de água, relativamente abrigados da exposição solar e de regimes de estiagem e dissecação mais intensos, promovem revestimentos nos tons amarelos;

**com cimentos de mais alta cristalinidade** (constituídos por goethite, lepidocrocite > diadoquite? > jarosite) - massas espessas e relativamente compactas (elevada coesão, parte com martelo) - ambientes expostos à meteorização admitindo períodos de precipitação - estiagem, promovem revestimentos nos tons avermelhados

**Argílica, com cimentos de alta a baixa cristalinidade** (constituídos por minerais de argila como caulinite, ilite-esmectite) - massas de espessura e coesão variável, dúcteis, pouco porosas, com elevada capacidade de retenção detritica, estruturalmente estratificadas;

**Silícica, com cimentos de média cristalinidade** (constituídos por sílica coloidal) - películas pouco espessas, irregulares e rugosas que revestem pontos particulares das escorrências superficiais, na dependência de ambiente mais ácido, podendo integrar outras crustificações;

**Fosfolítica, com cimentos de alta cristalinidade** (constituídos por rockbridgeite, beraunite, strengite, hidroxiloapatite) – revestimentos concrecionais, aciculares a oolíticos, nucleados num fosfato primário ou em *boxwork*, em frentes de desmonte ou perfis recentes;

**Sulfatolítica, com cimentos de alta cristalinidade** (constituídos por melanterite, rozenite, halotrichite e gesso) – revestimentos descontínuos, concêntricos botrioidais (na dependência de sulfuretos) e por vezes com núcleo silicatado (na dependência de minerais calossilicatados) pouco evoluída e sazonal;

**Scorodítica, com cimentos de baixa cristalinidade** (constituídos por scorodite, kanquite, yukonite?) – revestimentos pulverulentos, ou coloidais, com elevada hidratação e friabilidade – tons verdes, amarelos e brancos.

**com cimentos de alta cristalinidade** (constituídos por scorodite, goethite) – precipitados maciços ou bandados com espessura variável e agregados monominerálicos milimétricos, por vezes manifestando crescimento epitáxico, em ambiente livre ou apresentando-se descontínuos, desenvolvendo estruturas em favo na dependência ou não da arsenopirite – tons cinzentos, verdes, azuis.

De entre os tipos de crustificação reconhecidos nos EMa da Serra d'Arga, deu-se maior atenção às scorodíticas (juntamente com minerais isolados, não crustificadas) e ferralíticas de cristalinidade variável, fundamentalmente associadas a ambientes de drenagem ácida de mina.

Para estes dois tipos de crustificação, o desenvolvimento e evolução geoquímica supergênica de fases minerais neoformadas pode distinguir-se em traços gerais da seguinte maneira: *crustificações scorodíticas* - evoluem a partir de microambientes, muito confinados aos fragmentos de desmonte, processamento mineral e a planos de fracturas em galeria abaixo do nível freático; *crustificações ferralíticas* - desenvolvem-se superficialmente em condições hidrogeoquímicas semelhantes, podendo abranger grandes extensões ao longo de escombrelas e escavações, sujeitas a percolação e drenagens de águas freáticas e/ou pluviais, em cursos ou zonas de acumulação de escorrências.

O conjunto de factores que controla a neoformação mineralógica num EMa, pode ser entendido mais amplamente como o controlo sobre o próprio comportamento ambiental dos depósitos susceptíveis de alteração supergênica e meteórica, com implicações no conteúdo, concentração e disponibilidade de elementos químicos para os vários suportes - solo, sedimentos, ar, água de drenagem, água de escorrência superficial e neoformações mineralógicas prévias (Plumlee *et al.*, 1994; Smith *et al.*, 1994; Ficklin *et al.*, 1994). Segundo os Autores, os factores fundamentais são geológicos, biogeoquímicos, climáticos e mineiros, que seguidamente se discriminam.

- **Factores geológicos** dizem respeito a: **1)** depósito mineral e litologias hospedeiras; **2)** paragénese que incluem sulfuretos (susceptíveis de alterar e produzir acidez do meio, gerando H<sup>+</sup>) e aluminossilicatos e/ou calossilicatos (capazes de neutralizar ou limitar a acidez, consumindo H<sup>+</sup>); **3)** minerais com diferente resistência ao desgaste e à alteração meteórica, que integram séries de alteração como as de Goldich (1938) ou de Rukhin (1958) (Tabela V. 19); **4)** cortejo de elementos maiores, menores e elementos traço presentes em diversas fases minerais do depósito ou das rochas encaixantes, passíveis de sofrerem remobilização, dissolução/precipitação e dispersão no meio ambiente; **5)** tamanho, morfologia do depósito e **6)** contexto estrutural, o qual favorece a exposição e acesso de agentes atmosféricos, águas subterrâneas e oxigénio dissolvido. Atribui-se grande importância aos factores geológicos no controlo ambiental, desenvolvimento de neoformações e geração de drenagem ácida, daí os modelos geoambientais para a classificação de

depósitos minerais tal como o de Plumlee *et al.* (1994), com base na classificação de Ficklin *et al.* (1994). Na hierarquização de Kwong (1993) (Tabela V. 20) os factores geológicos prevalecem sobre os factores hidrogeoquímicos.

MINERAIS NÃO - RESISTENTES	MODERADAMENTE RESISTENTES	RESISTENTES	ALTAMENTE RESISTENTES
Augite (Fe)	Apatite	Anatase	Limonite
Vesuvianite	Diópsido	Distena	Andaluzite
Anfibolas (Na, Fe)	Hedenbergite	Ilmenite	Leucoxena
Pirite e outros sulfuretos	Alanite	Hematite	Rútilo
Biotite	Granadas (Ca-Fe)	Titanite	Turmalina
Plagioclase (Ca)	Actinolite	Magnetite	Ouro
Calcite	Tremolite	Monazite	Espinela
Gesso	Epídoto	Xenotima	Zircão
	Zoizite	Columbite	Corindo
	Volframite	Cassiterite	Quartzo
	Scheelite	Moscovite	
	Silimanite	Ortoclase - Albite	
	Plagioclases (Ca-Na)		

Tabela V. 19. Classes de resistência à meteorização de alguns minerais de formação das rochas e minerais densos (Adaptado de Rukhin, 1958, cit por Rosler e Lange, 1972).

Tabela V. 20. Hierarquização de alguns tipos de depósitos de acordo com o potencial de geração de drenagem de águas ácidas de mina (DAM): o grau 1 equivale ao depósito com maior potencial (modificado de Kwong, 1993, cit por Lottermoser, 2007). A título de exemplo, na RMArga foram explorados depósitos minerais de tipo VMS e SEDEX (Dias, 2012) com intercalações de rochas calcossilicatadas (*skarns*), produtivos em W (ex. EMA de Cerdeirinha e Valdarças), associação de paragéneses com potenciais de drenagem ácida diferenciados (grau 1 e 2 e grau 13 respectivamente) torna estes EMA particulares. Com menor expressão no que respeita à produção de drenagem, podem referir-se os depósitos de Sta Justa, Fulão auríferos epitermais e polimetálicos filonianos (grau 3 e 5). Para os depósitos aplitopegmatitos e de tipo greisen estanífero (grau 10), não se procedeu à medição de parâmetros físico-químico, foram reconhecidas crustificações fosfolíticas (ex. depósito do Lourinhal, EMA de Cabração).

GRAU	TIPO DE DEPÓSITO MINERAL
1	Sulfuretos maciços sedimentares-exalativos (SEDEX)
2	Sulfuretos maciços vulcanogénicos (VMS)
3	Auríferos epitermais
4	Auríferos mesotermais
5	Polimetálicos filonianos
6	Pórfiros cupríferos calco-alcalinos
7	Pórfiros cupríferos alcalinos
8	Cromio-niquelíferos ortomagmáticos
9	Plumbo-zincíferos tipo <i>Broken Hill</i>
10	Greisens estaníferos
11	Quimberlitos e lamproítos diamantíferos
12	Plumbo-zincíferos tipo <i>Mississippi Valley</i>
13	Skarns
14	Carbonatitos

- **Factores hidrogeoquímicos** dizem respeito às reacções estabelecidas entre a água de drenagem, o depósito, as rochas encaixantes e os resíduos de desmonte e tratamento, que incluem minérios (fracção não apurada), gangas e material estéril do encosto, com distintos conteúdos de sulfuretos (poliminerálicos e polimetálicos), e promovem: **1)** geração de águas ácidas por mecanismos de *oxidação* (abióticos, bióticos, directos e indirectos, Lottermoser, 2007) e *hidrólise* de catiões (tais como Fe<sup>2+</sup>), conferindo ao meio aquoso determinadas condições de pH, Eh e conteúdo metálico que influenciam os processos subsequentes; **2)** precipitação de hidróxidos de Fe<sup>3+</sup>, oxi-hidróxidos e oxi-hidroxi-sulfatos; **3)** neutralização (consumo de H<sup>+</sup>) pela alteração (congruente ou incongruente) de minerais primários como silicatos, carbonatos e hidróxidos (das gangas ou litologias encaixantes), os quais libertam catiões metálicos (Ca, Mg, Fe, Mn) e elementos alcalinos (Na e K) que, por sua vez, contribuem para a neoformação mineral; **4)** *dissolução* de fases neoformadas de hidroxi-sulfatos de Fe<sup>2+</sup> Mn<sup>2+</sup> Fe<sup>3+</sup> e Al<sup>3+</sup> controlada por superfícies de complexação do H<sup>+</sup> ou ligandos orgânicos; **5)** mobilidade de elementos, em meio aquoso, em função da solubilidade dos minerais (primários ou neoformados); **6)** fixação de metais e metalóides em fases sólidas segundo reacções de *complexação* (combinação catiónica, electrostática, covalente ou mista, com moléculas ou aniões que contenham pares de electrões disponíveis, formando pares iónicos ou complexos), fixação por *absorção* (difusão na fase sólida) e fixação por *adsorção* (acumulação na interface mineral/água). Estes dois mecanismos estão ilustrados na Figura V. 36, um fenómeno inverso a estes, designado de *desorção*, diz respeito à deposição sobre uma superfície mineral que se destaca fisicamente da fase sólida.

Na Tabela V.21 apresenta-se um conjunto de reacções que competem na produção e consumo de acidez, a partir da alteração, dissolução e (re)precipitação de diferentes sulfuretos e outros minerais, que ao libertarem  $H^+$  influenciam as condições físico-químicas do meio aquoso.

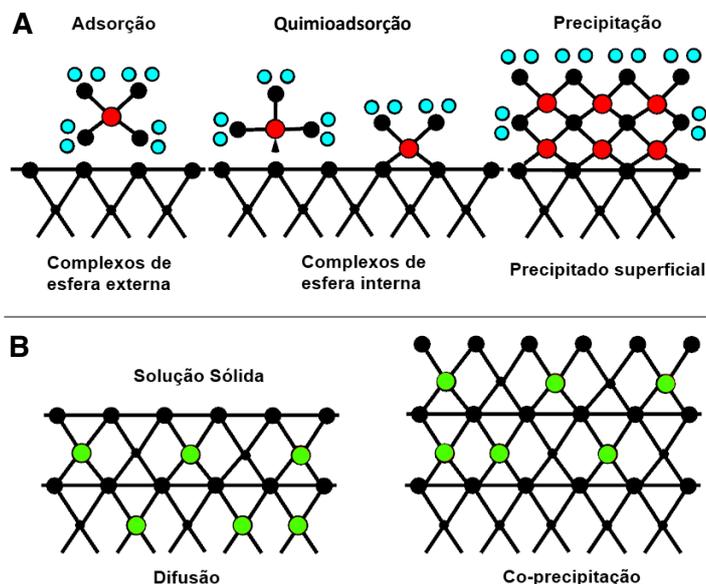


Figura V. 36. Esquema simplificado de fixação por absorção – adsorção na interface mineral-água, controladas pela reactividade da superfície mineral, mais especificamente pelos grupos funcionais que reagem com as espécies químicas em solução. Estes processos dependem fundamentalmente das condições redox, pH, temperatura, superfície específica do adsorvente e dos metais e metalóides dissolvidos no meio aquoso: **A** – **adsorção**, distingue-se a quimioadsorção em que ocorre desidratação, com o estabelecimento de ligações fortes entre as substâncias adsorvidas e a superfície mineral (complexos de esfera interna), quando se trata da adsorção de íons hidratados, as forças que os retêm são fracas (complexos esfera externa). **B** - **absorção** refere-se à incorporação de um elemento em solução na malha cristalina, na superfície absorvente formando uma solução sólida por co-precipitação ou por difusão. **LEGENDA:** azul (●) protões; vermelho (●) íons metálicos dissolvidos em meio aquoso; verde (●) íons metálicos em solução sólida (esquema de Brown *et al*, 1995, cit por Dold, 2005).

- **Factores biogeoquímicos**, interferem na: **1)** catalisação de reacções de oxidação de sulfuretos; **2)** redução de componentes de S ( $H_2S$ ,  $HS^-$ ,  $S^0$ ,  $S_2O_3^{2-}$ ,  $SO_3^{2-}$ ) pela formação de superfícies bacterianas inibidoras da mobilidade de metais (Dold, 2005); **3)** retenção metálica por complexação química ou co-precipitação (Plumlee *et al.*, 1994).

- **Factores climáticos**, interferem, de uma maneira geral, nos mecanismos de neoformação mineral e, dessa forma, na disponibilização de determinados metais para ambientes de remobilização e dispersão; Dold (1999, 2005) sugere dois modelos de neoformação em função do clima: **1)** controlo por fenómenos de *precipitação* (climas moderados a húmidos, com extensos períodos de precipitação) a oxidação dos sulfuretos leva à libertação de catiões bivalentes, oxianíons e protões, favorecendo a precipitação de jarosite e a manutenção do  $Fe^{2+}$  em solução, este por hidrólise com  $SO_3^{2-}$  móvel forma schwertmannite no período pluvioso. Na ausência do ião sulfato, o  $Fe^{2+}$  precipita ferrihydrite e/ou goethite, formando crustificações com espessura variável e marcando ciclos de precipitação (a schwertmannite e a ferrihydrite são fases metaestáveis, libertam  $H^+$  quando dissolvem); **2)** controlo por fenómenos de *evaporação* (climas áridos com períodos pluviosos sazonais), com o aumento da evaporação e a diminuição da granulometria dos grãos em escombreira, o fluxo de água é controlado por fenómenos de capilaridade e a mobilização dos elementos é orientada para o topo das escombreiras, sob condições oxidantes; por saturação e supersaturação ocorre a precipitação de sais e eflorescências solúveis, em condições de pH baixo. Nas zonas de oxidação os elementos móveis podem ser incorporados ou substituir fases secundárias pré-existentes.

Minerais susceptíveis de alterar	Reacções Químicas (Lottermoser, 2007)
<b>1. Mecanismos de oxidação de sulfuretos ricos em Fe</b>	
Pirite e marcassite	$\text{FeS}_{2(s)} + 15/4 \text{O}_{2(g)} + 7/2 \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_{3(s)} + 2 \text{SO}_4^{2-}{}_{(aq)} + 4 \text{H}^+{}_{(aq)}$
Pirrotite	$\text{Fe}_{0,9}\text{S}_{(s)} + 2,175 \text{O}_{2(g)} + 2,35 \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow 0,9 \text{Fe}(\text{OH})_{3(s)} + \text{SO}_4^{2-}{}_{(aq)} + 2 \text{H}^+{}_{(aq)}$
Calcopirite	$\text{CuFeS}_{2(s)} + 15/4 \text{O}_{2(g)} + 7/2 \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_{3(s)} + 2 \text{SO}_4^{2-}{}_{(aq)} + \text{Cu}^{2+}{}_{(aq)} + 4 \text{H}^+{}_{(aq)}$
Arsenopirite	$\text{FeAsS}_{(s)} + 7/2 \text{O}_{2(g)} + 3 \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{FeAsO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}_{(s)} + \text{SO}_4^{2-}{}_{(aq)} + 2 \text{H}^+{}_{(aq)}$
Blenda (rica em Fe)	$(\text{Zn,Fe})\text{S}_{(s)} + 3 \text{O}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_{3(s)} + \text{SO}_4^{2-}{}_{(aq)} + \text{Zn}^{2+}{}_{(aq)} + 2 \text{H}^+{}_{(aq)}$
<b>2. Precipitação de hidróxidos de Fe<sup>3+</sup> e Al<sup>3+</sup></b>	
Hidróxido de Fe	$\text{Fe}^{3+}{}_{(aq)} + 3 \text{H}_2\text{O}_{(l)} \leftrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_{3(s)} + 3 \text{H}^+{}_{(aq)}$
Hidróxido de Al	$\text{Al}^{3+}{}_{(aq)} + 3 \text{H}_2\text{O}_{(l)} \leftrightarrow \text{Al}(\text{OH})_{3(s)} + 3 \text{H}^+{}_{(aq)}$
<b>3. Dissolução de minerais secundários - sulfatos e hidrosulfatos de Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup> e Al<sup>3+</sup></b>	
Halotrichite ++	$\text{FeAl}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 22 \text{H}_2\text{O}_{(s)} + 0,25 \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_{3(s)} + 2 \text{Al}(\text{OH})_{3(s)} + 13,5 \text{H}_2\text{O}_{(l)} + 4 \text{SO}_4^{2-}{}_{(aq)} + 8 \text{H}^+{}_{(aq)}$
Romerite ++	$\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_4 \cdot 14 \text{H}_2\text{O}_{(s)} \leftrightarrow 2 \text{Fe}(\text{OH})_{3(s)} + \text{Fe}^{2+}{}_{(aq)} + 8 \text{H}_2\text{O}_{(l)} + 4 \text{SO}_4^{2-}{}_{(aq)} + 6 \text{H}^+{}_{(aq)}$
Coquimbite +++	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}_{(s)} \rightarrow 2 \text{Fe}(\text{OH})_{3(s)} + 3 \text{H}_2\text{O}_{(l)} + 3 \text{SO}_4^{2-}{}_{(aq)} + 6 \text{H}^+{}_{(aq)}$
Melanterite +++	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}_{(s)} + 0,25 \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_{3(s)} + 4,5 \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{SO}_4^{2-}{}_{(aq)} + 2 \text{H}^+{}_{(aq)}$
Jurbanite +	$\text{Al}(\text{SO}_4)(\text{OH}) \cdot 5 \text{H}_2\text{O}_{(s)} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_{3(s)} + 3 \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{SO}_4^{2-}{}_{(aq)} + \text{H}^+{}_{(aq)}$
Jarosite +++	$\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6(s) + 3 \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{K}^+{}_{(aq)} + 3 \text{Fe}(\text{OH})_{3(s)} + 2 \text{SO}_4^{2-}{}_{(aq)} + 3 \text{H}^+{}_{(aq)}$
Alunite +	$\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6(s) + 3 \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{K}^+{}_{(aq)} + 3 \text{Al}(\text{OH})_{3(s)} + 2 \text{SO}_4^{2-}{}_{(aq)} + 3 \text{H}^+{}_{(aq)}$

**Tabela V.21.** Reacções químicas de fases minerais que controlam a produção de acidez no meio aquoso (Adaptado de Lottermoser, 2007). Os exemplos indicados de minerais que desencadeiam **reacções de oxidação (1)** estão presentes nos diferentes tipos de depósitos da RMArga: Valdarcas e Cerdeirinha - depósitos metavulcanogénicos a exalativos com litologias calcossilicatadas associadas, incluem: pirrotite > pirite ≡ marcassite > arsenopirite > calcopirite >> blenda; Sta Justa, Fulão, Castelhão - depósitos filonianos hidrotermais incluem pirite > marcassite > arsenopirite > blenda ≡ galena > calcopirite >> pirrotite. **Minerais secundários (3)**, típicos de drenagem ácida de mina foram reconhecidos na escombreira de Valdarcas por **Valente (2004)** com a escala de ocorrência: + muito raro; ++ raro; +++ mais ou menos comum.

- **Factores mineiros**, relacionados com: **1)** formas de intervenção no depósito – preparação, extracção, transporte de materiais, **2)** opções e graus de processamento mineral – fragmentação, classificação e concentração (flutuação, lixiviação, ustulação). Quanto mais finos são os resíduos, mais ampla é a reacção mineral-água, ampliando a extracção química face a determinados elementos e resultando em soluções finais mais concentradas, a velocidade da reacção química aumenta proporcionalmente ao aumento da superfície específica do grão passível de reagir com um fluido; **3)** produção e despejo de efluentes (líquidos, gasosos ou detriticos) que promovem a degradação da envolvente mineira; **4)** formas de acumulação e confinamento de resíduos e sua exposição aos agentes atmosféricos (Plumlee *et al.*, 1994; Smith *et al.* 1994).

A classificação de **Ficklin *et al.* (1994)** relaciona o teor de metais dissolvidos (formulada pelo somatório dos metais pesados Zn, Cu, Cd, Ni, Co e Pb) e o pH de águas ácidas de drenagem (de rocha e de mina) em diferentes depósitos. Os campos estabelecidos segundo estudos empíricos de **Ficklin *et al.* (1994)** e **Plumlee *et al.* (1994)** incluem classes desde “próximo da neutralidade, conteúdo metálico baixo” até “muito ácida, conteúdo metálico muito elevado” (o diagrama geral foi apresentado no capítulo dedicado aos métodos, na **Figura II.17**, designado de *diagrama de Ficklin*). Projectaram-se os conteúdos metálicos e pH das águas de drenagem dos diferentes ambientes de neoformação em EMa, a saber: Valdarcas (efluente mineiro e águas fluviais receptoras do efluente); Santa Justa (cursos de água receptores de drenagem de escombreiras); Fulão e Castelhão (escorrências superficiais em escombreira, galeria/trincheira e fora da área de influência dos vestígios mineiros).

Os valores projectados no diagrama de Ficklin (Figura V.37) permitem distinguir dois ambientes que serão estudados mediante as suas especificidades e que constituem os sub-capítulos seguintes:

- 1) Sistema com paragénese de elevada reactividade e forte interacção mineral-água, com precipitação extensiva de crustificações ferralíticas com aspecto morfológico e textural diversificado e associações poliminerálicas de cristalinidade variável. O estudo dedicado a este sistema parte de um programa de monitorização (com estações estabelecidas em Valente, 1996, 2004) no sistema fluvial Ribeiro do Poço Negro-Rio Coura (EMa de Valdarcas). Para comparação com esse sistema foi seleccionado o EMa de Santa Justa, na RMArga, com manifestações menos extensivas de reactividade e geração de drenagem ácida;
- 2) Sistemas com reactividade paragenética moderada a nula e interacção mineral-água fraca a forte, com crustificações scorodíticas bem expressas nos EMa considerados (EMa de Castelhão e EMa de Fulão). A presença de água é apenas registada em períodos pluviosos, podendo reconhecer-se, muito pontualmente, a geração de drenagens ácidas. Para comparação e ampliação do espectro de observações incluíram-se espaços mineiros abandonados fora da RMArga, nomeadamente: Penedono (Viseu); Adoria (Vila Real) e Tibães (Braga).

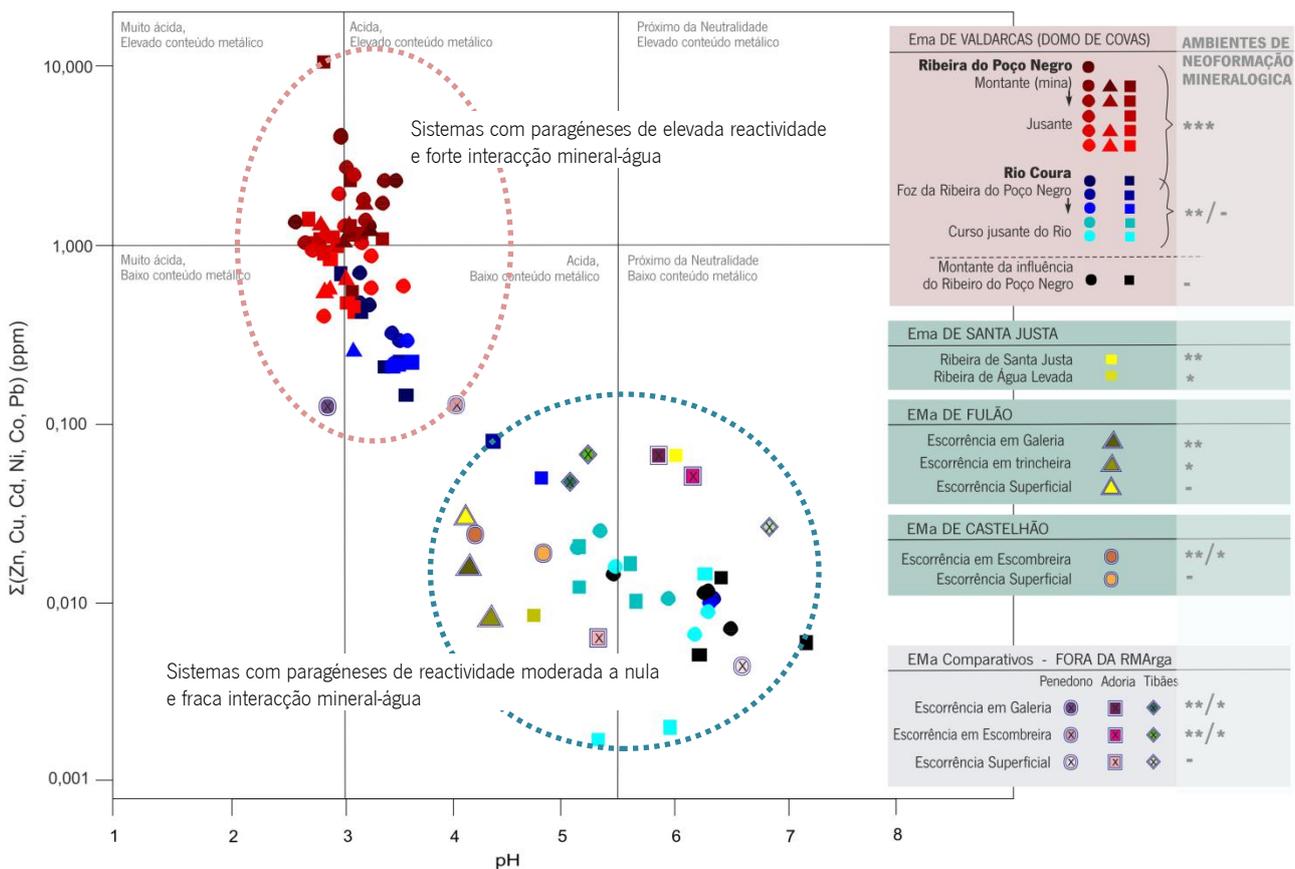


Figura V.37. Diagrama de Ficklin das águas de drenagem dos EMa de: Valdarcas (Ribeira do Poço Negro - Rio Coura, os símbolos círculo, triângulo e quadrado dizem respeito à amostragem de Fevereiro Junho e Setembro respectivamente), Santa Justa (cursos de água receptores de drenagens de escombreiras e escavações mineiras) (análises químicas por ICP-MS / EOS); Fulão e Castelhão (escorrências superficiais); EMa comparativos, fora da RMArga: Penedono, Adoria e Tibães - (análises químicas por HS ICP-MS). Ambientes de neoformação mineralógica: muito intensa (\*\*\*),intensa (\*\*), moderada (\*), nula (-).

Na Tabela V. 22 apresentam-se as componentes dos estudos dedicados aos dois tipos de ambientes de neoformação mineralógica, com as crustificações scorodítica e ferralítica.

**Tabela V. 22.** Componentes de análise dos estudos dedicados às crustificações scorodíticas e ferralíticas, ambientes de neoformação e controlo geoambiental. Os procedimentos analíticos indicados foram descritos detalhadamente no Capítulo II, destacam-se as figuras-síntese mais implicadas no estudo.

	Locais de amostragem	Materiais (Periodicidade de amostragem)	Morfologia das Crustificações	EMa	Caracterização mineralógica Métodos	Caracterização Hidrogeoquímica Métodos
<b>SCORODÍTICA</b>	Escombrelas próximas de galerias em flanco de encosta, com materiais heterogranulares acumulados de forma irregular, ou dispersos pelas vertentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Amostras de mão (colheita pontual)</li> <li>▪ Água de escorrência superficial em pontos diferenciados (colheita pontual)</li> </ul>	<p>Materiais do <b>Tipo 1 (Figura V.1)</b> - revestimento superficial ou em cavidades de sulfuretos primários, com extensão e espessura variável, associado a ocorrências cristalinas singulares não crustiformes.</p> <p>Materiais do <b>Tipo 2 (Figura V.1)</b> - cimentos espessos, maciços, em que estão preservados minerais primários</p>	<p>Sta Justa, Fulão, Castelão</p> <p>Fora da RMArga (Penedono, Adoria e Tibães)</p>	<p>Procedimento analíticos para amostras de mão <b>Figura II. 7</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lupa Binocular</li> <li>▪ MOLR</li> <li>▪ DRX</li> <li>▪ MEV</li> <li>▪ MSE</li> </ul>	<p>Procedimento analíticos para água (<b>Figura II. 13</b>)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ FQ expeditos</li> <li>▪ Cromatografia Iónica</li> <li>▪ Turbidimetria</li> <li>▪ HR - ICP-MS</li> </ul>
<b>FERRALÍTICAS</b>	Ao longo de cursos de água receptores de drenagens ácidas de escombrelas e de carga detrítica de baixa a muito baixa granulometria; em zonas de percolação em galerias e cortas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Crustificações com diferente espessura, espeleotemas ocre (colheita pontual)</li> <li>▪ Drenagem de mina e água do curso receptor (colheita sazonal)</li> <li>▪ Sedimentos de corrente e precipitados no leito dos cursos de água (colheita sazonal)</li> </ul>	Materiais do <b>Tipo 2 (Figura V.1)</b> - precipitados mais ou menos espessos, com grande aglutinação da fracção detrítica herdada em estruturas maciças ou bandadas, de espessura e friabilidade variável, podendo constituir espeleotemas associados a matéria orgânica do corredor ripícola; em contexto específicos, associado a microorganismos acidófilos com expressão mais ou menos localizada.	Valdarcas (Fervença)	<p>Procedimentos analíticos para: amostras de mão (<b>Figura II. 7</b>) ; precipitados (<b>Figura II. 8</b>) e sedimentos (<b>Figura II. 9</b>)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lupa Binocular</li> <li>▪ DRX</li> <li>▪ MEV - MSE</li> <li>▪ ICP - AR</li> </ul>	<p>Procedimento analíticos para água (<b>Figura II. 13</b>)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ FQ expeditos</li> <li>▪ Cromatografia Iónica</li> <li>▪ Turbidimetria</li> <li>▪ ICP-MS</li> <li>▪ ICP - EOS</li> </ul>

#### V.2.2.1. Sistemas com paragénese de baixa reactividade e fraca interacção mineral-água

Em determinados EMa da RMArga podem reconhecer-se com expressão muito significativa ocorrências de scorodite em escombrelas e afloramentos. Estão associadas a depósitos de quartzo com sulfuretos, ocorrendo de forma abundante e persistente, em que é possível identificar grande diversidade morfológica, textural e cromática. Neste estudo, os ambientes em EMa com aquelas ocorrência

A scorodite surge como um dos principais produtos de alteração supergénica na RMArga, cuja ocorrência está relacionada com o conteúdo modal de arsenopirite no portador primário (Alves *et al.*, 2011).

O estudo dedicado a crustificações scorodíticas e outros modos de ocorrência desenvolve-se segundo os tópicos: **1)** principais fases minerais com As - primárias e neoformadas - mobilidade e controlo do metalóide; **2)** contexto geológico e mineiro dos EMa - casos de estudo - (Castelão, Fulão, Penedono, Adoria e Tibães), descrição de scorodites (amostras de mão) e água de escorrência superficial; **3)** análise textural e mineraloquímica de arsenatos em MSE; **4)** caracterização hidrogeoquímica de ambientes de escorrência superficial na dependência, ou não, de escombrelas ou escavações mineiras com minerais contendo As.

### V.2.2.1.1. Mineralizações de As

O arsénio (As) é um metalóide que está presente nos diversos suportes geológicos estudados, integrando fases minerais específicas primárias e neoformadas e ainda em águas superficiais afectadas por aqueles minerais portadores.

Conteúdos elevados de As em águas e solos constituem graves problemas ambientais com implicações severas no desenvolvimento dos ecossistemas e na saúde humana (Nordstrom, 2008). Na legislação portuguesa o As é considerado um indicador de poluição; os valores máximos - recomendável e admissível - para a qualidade da água são respectivamente 0,01 e 0,05mg/L (DL n.º 236/98); valores de referência corroborados pelo regime da qualidade da água destinada ao consumo humano (DL n.º 306/2007).

Enquanto recurso mineral, o As é uma substância concessível em Portugal desde os finais do séc. XIX. Com relevo pode referir-se a Mina do Pintor (Aveiro) concessionada ao As (e W), cujos resíduos e efluentes mineiros persistentes têm vindo a ser caracterizados em diversos estudos (Moreno *et al.*, 1999 e Santos, 2011). Outra área mineira concessionada ao As (Sn e W) foi a Mina de Argozelo (Bragança), cuja escombreira foi considerada prioritária no inventário nacional para a reabilitação do impacte ambiental em espaço mineiro (Oliveira *et al.*, 2002; Rodrigues, 2011). Na RMArga pode referir-se uma concessão pedida para o As (Sn), designada Monte da Gávea (*Dossier 1553*, 1925). Os minérios alvo enunciados eram a arsenopirite e a pirite, designados na época de “*mispickel*” e “*pirite arsenical*”. O depósito seria de tipo filoniano hidrotermal, de quartzo com sulfuretos. Os vestígios encontrados são pouco evidentes e não permitiram amostragem significativa.

Também, no que diz respeito à transformação metalúrgica em Portugal, o As constituiu um problema na contaminação e miscibilidade de fases ao longo dos diagramas de processamento, nomeadamente na ustulação das pirites alentejanas (Leal da Silva, 1968). Em Santos e Henriques (1962) descreve-se a formação residual de “incrustações nos tabulares das caldeiras de recuperação de calor excessivamente duras e difíceis de eliminar”, que envolveu opções tecnológicas específicas nas fábricas de transformação das pirites alentejanas. As investigações sobre o comportamento do metalóide na resposta metalúrgica, nomeadamente as de Leal da Silva (1968) terão sido pioneiras no contexto nacional envolvendo a caracterização de um cortejo alargado de sulfuretos com elevados conteúdos em As.

Na natureza, o As pode ocorrer em mais de 500 minerais. Enquanto constituinte principal (ou seja As > 30% do conteúdo molecular) podem referir-se cerca de 150 minerais (Barthélemy, 2012). Na RMArga os sulfuretos representam o suporte mineral com maior conteúdo de As, nomeadamente: realgar (AsS, 70,03%As), ouripimento (As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, 60,90%As) (identificados em Santa Justa) e arsenopirite (FeAsS, 46,01%As) (referências dos conteúdos de As em Barthélemy, 2012).

A pirite [Fe(S,As)<sub>2</sub>] pode também admitir conteúdos até 10% de As (Nordstrom, 2008), sendo esta reconhecida nos EMa da RMArga com vestígios de lavra sobre depósitos hidrotermais, frequentemente associada à arsenopirite. Dada a quantidade e predominância da pirite sobre a arsenopirite pode admitir-se que esta possa fornecer ao ambiente conteúdos significativos de As, ainda que a arsenopirite seja a fase portadora principal. Nordstrom (2008) refere que o

contributo de As pela pirite não deve ser negligenciado, podendo em algumas regiões suplantar os conteúdos de As provenientes da arsenopirite, por ser uma fase mais circunscrita.

A ocorrência de arsenopirite em escombreira, na RMArga, é de facto menos frequente que a pirite. Ambas estão associadas a gangas em depósitos de W, persistindo como resíduo nas escombreiras. Aquelas onde se detectou arsenopirite mais significativamente são: Castelhão, Fulão (Cavalinho, Ribeiro do Salgueiro), Santa Justa (Estorãos).

Especificamente em ambiente supergénico, o As pode ser incorporado na estrutura mineral ou adsorvido na superfície, a sua concentração varia em função do grau de oxidação do sulfureto primário. Apresentam conteúdo significativo de As os arsenatos: scorodite ( $\text{FeAsO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ; 32,46%As), farmacossiderite [ $\text{Fe}_4(\text{AsO}_4)_3(\text{OH})_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ; 25,74%As] e mansfieldite [ $\text{Al}(\text{AsO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; 37,10%As]. Os arsenitos, como os polimorfos claudetite e arsenolite ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ; 75,74%As) possuem maior conteúdo em As que os arsenatos (Nordstrom, 2008).

Na RMArga identificaram-se, por meio de DRX, farmacossiderite e kanquite em paragénese com scorodite (Alves et al., 2010; 2011). Em estudos comparativos, com amostras de EMA fora da RMArga foi identificado um outro arsenato que veio a revelar-se importante no decorrer deste trabalho foi a yanomamite [ $\text{InAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ], que forma série com a scorodite [(In-Fe)AsO<sub>4</sub>•2H<sub>2</sub>O].

A yanomamite é um dos portadores específicos de In, o seu estabelecimento como uma nova fase é recente (Botelho et al., 1990a, 1990b, 1994), a ocorrência documentada dizia respeito ao depósito de Mangabeira, no Brasil. Em Alves et al. (2010) apresenta-se a caracterização deste arsenato de In no depósito de Tibães (Braga)

A yanomamite integra o grupo da variscite, é ortorrômbico bipiramidal, algumas das suas propriedades físicas são: dureza 3.5–4; densidade (calculada) 3.876, cor verde-clara ou amarela-esverdeada, semi-transparente, incolor em luz transmitida, risca branca, brilho vítreo (Botelho et al., 1995). Em DRX o perfil de identificação das amostras de yanomamite do depósito de Mangabeira inclui os picos difractométrico [d (intensidade)]: 4,53 (100); 5,70 (0,7); 3,874 (60); 3,250 (60); 4,163 (50); 3,110 (50); 5,16 (40). A composição química média de diferentes yanomamites permitiu estabelecer a fórmula (H<sub>2</sub>O pela diferença):  $\text{In}_{0,94} \text{Fe}_{0,04} \text{Al}_{0,01} \text{As}_{1,00} \text{O}_4 \cdot 2,02\text{H}_2\text{O}$ .

As primeiras ocorrências de yanomamite são descritas em Moura (1993), em Mangabeira, na Bacia Amazónica (Brasil), a designação deriva do nome do povo indígena daquela região – os Yanomami. Segundo a Autora, a yanomamite ocorre como mineral secundário, sob a forma de crustas, revestido pela scorodite. A paragénese inclui arsenopirite, blenda (rica em In), topázio, cassiterite e o seguinte cortejo de acessórios: zinnwaldite, volframite, lollingite, calcopirite, bismutinite, galena, estanita, tennantite, roquesite e arsenatos de Fe, In, Sn, U, Ba, K, Pb e Bi. O depósito Sn de Mangabeira integra a Zona Greisenizada Principal do Maciço Mangabeira, constituído por granito biotítico, do Proterozóico Médio, granitos evoluídos, greisens e topazitos. As rochas encaixantes do depósito incluem estes granitos e ainda ultramilonitos graníticos (provavelmente do Arqueano/Proterozóico Inferior). O granito mais afim ao depósito possui teores baixos de Ba e Sr, e um padrão de TR plano, com forte anomalia de Eu, e empobrecimento em TR pesadas. O depósito apresenta forte metassomatismo (greisenização e albitização) e a acção de cisalhamentos tardios. Em Mangabeira, o In ocorre em dois minerais, a roquesite e a yanomamite. Foram ainda identificados conteúdos de In na scorodite, blenda, cassiterite e estanita, os conteúdos mais elevados de In em rocha total atingem 0,4 wt % (Moura, 1993).

### V.2.2.1.2. Controlo e mobilidade do As

Os fenómenos hidrogeoquímicos que regem a mobilidade do As diferem significativamente dos fenómenos que regem a mobilidade dos metais pesados (Nordstrom, 2008). O As é móvel em meio oxidante, numa ampla gama de pH (extremamente ácido até alcalino). As águas de drenagem de mina podem conter elevada concentração de As não sendo necessariamente ácidas (Marszalek e Wasik, 2000; Williams, 2001; Roddick-Lanzilotta *et al.* 2002).

O As pode formar uma grande variedade de compostos em vários estados de oxidação (+5, +3, 0 e -1, -3). A ligação dominante é covalente segundo um modelo electrovalente simples (Nordstrom, 2008). As formas mais comuns segundo os estados de oxidação são:  $As^{3+}$  arsenito [ $AsO_3^{3-}$ ] e  $As^{5+}$  arsenato [ $AsO_4^{3-}$ ]. Ambas podem ser hidrolisadas em diferentes graus o que aumenta a complexidade da geoquímica do As (Nordstrom, 2008).

A Figura V.38 ilustra os vários domínios de estabilidade Eh-pH para o sistema que se identificou, com mais interesse neste trabalho: As - Fe - S (diagramas de Zhu e Merkel, 2001). Neste, situam-se o domínio de sobressaturação correspondente à scorodite (contorno verde) e nele, um subdomínio de estabilidade da própria scorodite (área cinzenta).

As condições correlacionadas Eh-pH determinam a especiação de As e Fe, indicando quão eficientemente o As pode ser adsorvido, precipitado ou co-precipitado a partir da solução. Na especiação de As, em ambientes oxidantes o  $As^{5+}$  (anião arsenato) é mais estável, em ambientes redutores o  $As^{3+}$  (anião arsenito) é o estado dominante (Figura V.38).

O  $As^{3+}$  forma complexos de adsorção mais fracos que o  $As^{5+}$ , possuindo, por isso, mais elevada solubilidade/mobilidade e toxicidade que o  $As^{5+}$  (Nordstrom, 2008). Contudo, a oxidação de  $As^{3+}$  para  $As^{5+}$  é relativamente rápida, aumenta com o aumento do pH, da salinidade e na presença de microorganismos específicos (DeSisto, 2008).

Com  $pH < 2$  e em condições de oxidação ocorre preferencialmente em solução o arsenato  $H_3AsO_4$ . No intervalo de pH 2 a 11, no ambiente mais ácido, o  $H_3AsO_4$  dissocia-se para  $H_2AsO_4^-$ ; no ambiente mais alcalino o  $H_3AsO_4$  dissocia-se para  $HAAsO_4^{2-}$  (Sracek *et al.*, 2004 cit por DeSisto, 2008).

Quando  $pH < 9$  e sob condições redutoras o arsenito ocorre como  $H_3AsO_3$ . Este, com  $pH > 9$  pode converter-se em  $HAsO_3^-$ ,  $HAAsO_3^{2-}$  e  $AsO_3^{3-}$ . Em ambientes muito reduzidos pode formar-se o gás  $AsH_3$  (Meng *et al.*, 2003, cit por DeSisto, 2008).

Quando o  $Eh < 0,2V$  pode ocorrer a formação de fases minerais como arsenopirite (Bissen e Frimmel, 2003, cit por DeSisto, 2008), entre outros sulfuretos, como ouripimente e realgar (Meng *et al.*, 2003, cit por DeSisto, 2008).

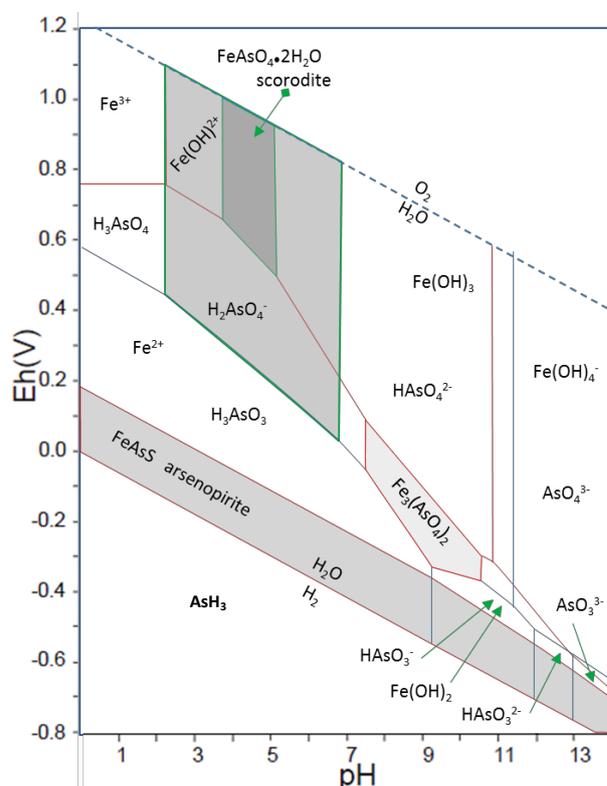


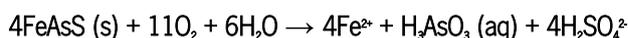
Figura V.38. Diagrama Eh-pH para o sistema As- Fe - S - H<sub>2</sub>O (modificado de Zhu e Merkel, 2001 e Takeno, 2005). Espécies aquosas contornadas a azul e verde, espécies sólidas áreas cinzentas.

No que respeita a fases minerais formadas quando  $Eh > 0,2V$  e  $pH > 3$ , são referidas a ferrihydrite  $[5Fe_2O_3 \cdot 9H_2O]$  bem como, a jarosite  $[KFe_3(OH)_6(SO_4)_2]$  e a schwertmannite  $[Fe_{16}O_{16}(OH)_{12}(SO_4)_2]$ , promovendo a remoção de As da solução (Fukushi *et al.* 2003; Asta *et al.* 2010). O arsenato em solução pode substituir o  $SO_4^{2-}$  da jarosite ou da schwertmannite (Johnston *et al.*, 2012); ocorrendo neste último caso, o aprisionamento de As no limiar schwertmannite  $\rightarrow$  goethite (Fukushi *et al.*, 2003). Nestes casos o As está disponível em solução e a sua retenção mineral ocorre por processos geoquímicos fortemente condicionados pelas condições Eh-pH e a disponibilidade de Fe e S. No estado sólido a mobilidade do As é igualmente condicionada por aqueles factores, sendo a oxidação da pirite um dos processos que se apresenta de forma mais recorrente na bibliografia (Kretschmar e Scott, 1976; Nesbitt *et al.*, 1995; Craw *et al.*, 2003; Borba e Figueiredo, 2004; Corkhill e Vaughn, 2009; Murcieto *et al.*, 2011 Basu e Schreiber, 2012).

Sulfuretos de As, como arsenopirite, são menos solúveis e susceptíveis a alteração meteórica; a solubilidade é promovida pela oxidação de outros sulfuretos em ambientes com baixo potencial redox, gerando drenagens ácidas (Magalhães, 2002). Em paragénese, a arsenopirite tem maior resistência quando é o sulfureto predominante, ou mesmo único, e quando não evidencia intercrescimentos conspícuos com pirite, pirrotite ou calcopirite (Blanchard, 1968). Todavia são mais comuns arsenopirites coexistindo com pirite, pirrotite ou pirite + pirrotite, apresentando zonalidade composicional com conteúdos de S mais altos no núcleo e conteúdos de As mais altos no bordo (Kretschmar e Scott, 1976).

Segundo Corkhill e Vaughan (2009), a oxidação da arsenopirite, tal como a da pirite, é um processo electroquímico com três etapas:

1ª) Reacção que envolve espécies ( $O_2$  e  $Fe^{3+}$ ) aceitadoras de electrões da posição  $Fe^{2+}$  na superfície do mineral, tal como:



O As e o S são oxidados, o Fe não; sendo assim, o grau de oxidação da arsenopirite depende muito da disponibilidade de oxigénio dissolvido e  $Fe^{3+}$ .

2ª) Transferência de electrões a partir do mineral para o oxidante, etapa que determina a velocidade de oxidação do sulfureto e em que as bactérias acidófilas desempenham um papel importante. Com a dissolução de  $Fe^{2+}$ , este pode tornar-se o agente oxidante, continuando o arsenito a ser produzido até atingir a saturação, segundo a equação:



3ª) Remoção de sete electrões de S para formar  $SO_4^{2-}$  e remoção de sete electrões de arseneto ( $As^{-1}$ ) para formar arsenato ( $As^{5+}$ ). Os átomos de S e As têm de passar por diversos estados de oxidação durante o processo de oxidação, formando-se no seu decurso diversos produtos. Destaca-se a fixação de O ao As como a reacção mais importante nesta etapa, sendo o As a espécie mais rapidamente oxidada (Nesbitt *et al.*, 1995).

A oxidação da arsenopirite (FeAsS), ainda que relativamente lenta, fornece quantidades significativas de As às águas de drenagem de mina (**Craw *et al.*, 1999, cit por Lottermoser, 2007**), sendo de considerar o contributos de outros sulfuretos, como: ouripimento, realgar, enargite (Cu<sub>3</sub>AsS<sub>4</sub>), pirite e marcassite (**Foster *et al.*, 1998; Roddick-Lanzilotta *et al.*, 2002; Nordstrom, 2008**)

**Nesbitt *et al.* (1995)** refere que a oxidação da arsenopirite tem maior extensão na água do que no ar, verificou que a fase aquosa facilitaria o transporte de reagentes e produtos a partir da superfície do sulfureto, catalisando a reacção ou acumulando componentes catalíticas como Fe<sup>3+</sup>. Os Autores verificaram que a acumulação preferencial de As em superfícies oxidadas pelo ar é menor que nas superfícies expostas a escorrências, devido à lixiviação de oxianióes de As na superfície da arsenopirite em ambiente enriquecido em SO<sub>4</sub>.

**Blanchard (1968)** refere que na alteração da arsenopirite a dissolução do As ocorre mais rapidamente que a dissolução do Fe, sendo relativamente menor o conteúdo de S libertado

Segundo **Corkhill e Vaughan (2009)** o campo de estabilidade Eh-pH da arsenopirite pode incluir condições ácidas e ligeiramente redutoras. Com base em ensaios de dissolução e na observação de sedimentos que permaneceram inalterados próximos da superfície por longos períodos, **Craw *et al.* (2003)** concluem que a arsenopirite pode permanecer estável em escombreira sob condições de saturação hídrica, em ambiente ligeiramente redutor. Os Autores sugerem um intervalo de estabilidade Eh-pH semelhante ao da pirite, excepto sob condições ácidas (pH <4), sob as quais seria possível a transformação para realgar (As<sub>2</sub>S<sub>4</sub>) ou ouripimento (As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>). Em ambiente superficial, os Autores referem concentrações de As na ordem 10 - 100 ppb, em equilíbrio com pirite-arsenopirite, valores próximos dos registados para águas subterrâneas (5-300 ppb). Os mesmos Autores, em ensaios laboratoriais com águas oxidadas, verificaram que a arsenopirite pode dissolver até 1100 ppm de As, enquanto na escombreira, a mesma arsenopirite dissolve até 400 ppm de As. Explicam a discrepância das concentrações de As dissolvido pelas condições de solubilidade e equilíbrio da arsenopirite, a cinética de reacção e o desenvolvimento de revestimentos de óxidos e hidróxidos de Fe em torno dos grãos de arsenopirite no ambiente de escombreira.

#### V.2.2.1.2. Neoformação Scorodítica

No estudo realizado nas escombreira dos EMa de Fulão e Castelhão identificou-se com maior recorrência a neoformação scorodítica, que terá resultado da oxidação da arsenopirite, em condições oxidantes e valores de pH próximos da neutralidade, segundo a equação (**Dove e Rimstidt, 1985**):



A scorodite, FeAsO<sub>4</sub> • 2H<sub>2</sub>O, é um arsenato relativamente comum, associada aos produtos de alteração superficial de depósitos de sulfuretos. Pode ocorrer sob a forma de gossans scorodíticos, com conteúdos metálicos vestigiais, em estreita associação com goethite e limonites (**Blanchard, 1968**). Muito embora à scorodite se atribua, genericamente,

natureza supergênica, o As pode também ser fixado em scorodites por precipitação hidrotermal a temperaturas acima de 150°C (Monhemius e Swash, 1994, cit por Singhania et al., 2005).

Segundo Zhu e Merkel (2001), a presença da scorodite parece exercer o principal controlo sobre o conteúdo de As em águas de escorrência superficial em escombrelas, mais ou menos expostas à oxidação de minerais ricos em As.

Vários Autores (Zhu e Merkel, 2001; Filippi, 2004; Lengke e Tempel, 2005; Filippou e Demopoulos, 1997) reconhecem a síntese de scorodite como via para a estabilização química de escombrelas com arsenatos de Fe (quimicamente equivalentes a scorodites), considerando a sua utilização como prática recorrente nas operações finais de extração mineral, bem como, em procedimentos hidrometalúrgicos, ambos com o objectivo de conter a solubilização e remobilização de As para o efluente. Todavia, os arsenatos de Fe amorfos sintetizados podem evoluir para oxi-hidróxidos de Fe ( $\alpha$ -FeOOH) libertando As nas soluções aquosas e representando novo problema de contaminação (Robins, 1987).

O mecanismo de dissolução da scorodite foi um tema muito debatido por diversos Autores (Dove e Rimstidt, 1985, 1987; Krause e Ettel, 1988; Robins, 1987; Nordstrom e Parks 1987), reflectindo-se na organização diagramática de domínios de estabilidade e mecanismos de dissolução (congruente e incongruente) tal como se apresenta na Figura V.39.

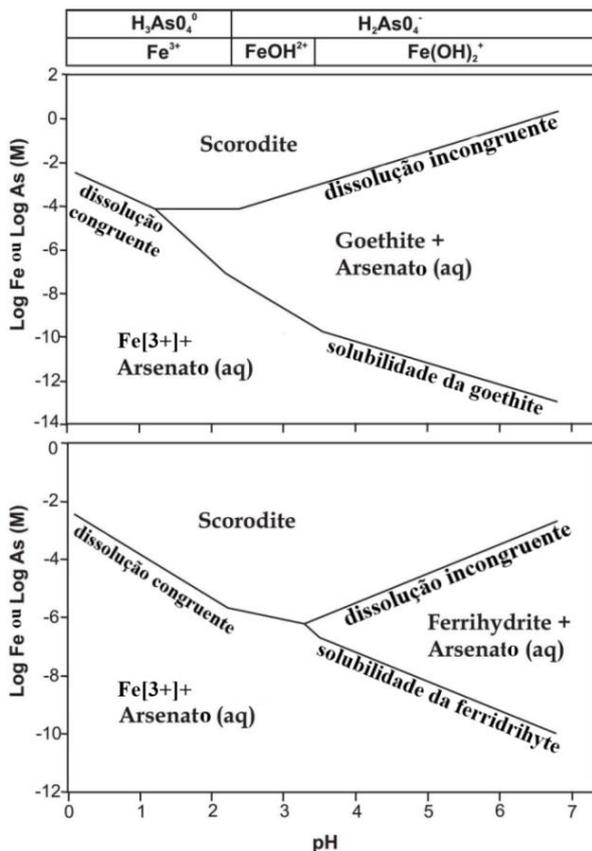


Figura V.39. Diagramas comparativos dos domínios de estabilidade da scorodite, variação dos mecanismos de dissolução (congruente e incongruente) em função da precipitação de oxi-hidróxidos de Fe (adaptado de H arvay et al., 2006).

A dissolução pode ocorrer de forma congruente em meio ácido, segundo a equação de Dove e Rimstidt (1985):



A dissolução da scorodite é incongruente em condições alcalinas, formando hidróxidos de Fe e libertando As para a solução (Krause e Ettel, 1988), segundo:



Em ensaios laboratoriais, Dove e Rimstidt (1987) reconhecem apenas a dissolução congruente da scorodite, ou seja, a conversão completa da fase sólida para a fase aquosa.

Robins (1987) e Nordstrom e Parks (1987) reconhecem fases minerais estáveis de hidróxidos de Fe, para valores de pH correspondentes a uma dissolução incongruente, concretizados pelo revestimento superficial castanho-avermelhado de precipitados ocre, frequentemente observais na superfície das scorodites.

A solubilidade da scorodite é fortemente controlada pelos mecanismos de dissolução e pelo próprio pH (Krause e Ettel, 1988), a especiação de Fe e As varia em função destes parâmetros: pH < 5 preferencialmente ocorre dissolução congruente; pH > 5 dissolução incongruente. Mais recentemente, Langmuir *et al.* (2006) estabeleceram regiões de solubilidade para intervalos de pH, em que reconhecem condições ambientais específicas:

0,97 – 1,24 – sub-saturação de arsenatos de Fe amorfos e scorodite; dissolução congruente de scorodite;

1,41 – 2,43 - arsenatos de Fe amorfos e scorodite em equilíbrio; conteúdos de As e Fe em solução decrescem com o aumento do pH; dissolução congruente de scorodite;

2,55 – 2,86 - oxi-hidróxidos de Fe em equilíbrio; arsenatos de Fe amorfos decrescem com o aumento da solubilidade; ocorre a dissolução incongruente de scorodite;

> 4,7 - arsenatos de Fe amorfos em equilíbrio; a solubilidade de todas as fases aumenta com o pH; dissolução incongruente de scorodite.

Na Tabela V.23 reúnem-se alguns valores experimentais sobre a solubilidade da scorodite (compilação de DeSisto, 2008). Da análise da tabela destaca-se a discrepância entre os resultados que apresentam os vários Autores, que poderá estar relacionada com as metodologias analíticas usadas para quantificação química, ou, pela especificidade da scorodite, sua superfície específica, textura, composição (admitindo uma grande diversidade de elementos vestigiais) e associações minerais que a incluem.

Tabela V.23. Solubilidade da scorodite (\*na presença de).

	Solubilidade (µg/L)	pH
	34200	1,08
	14000	1,41
	330	2,43
Krause e Ettel (1988)	110	2,64
	80	2,86
	3800	6,53
	31000	7,08
	463000	7,92
	11000	1
Harvey <i>et al.</i> (2006)	8000 (*goethite)	1,3 - 2,3
	120 (*ferrihydrite)	3,3
	2400000 (*goethite)	5
	2300 (*ferrihydrite)	5
	350	5,01
Bluteau e Demopoulos (2007)	610	6,01
	589	7,99
	103000	8,08
	386000	8,98

Em determinadas análises, indicadas na Tabela V.23, a presença de goethite (em condições de pH = 5) determinam consideravelmente o aumento da solubilidade da scorodite (Harvey *et al.*, 2006).

A baixa solubilidade da scorodite (<1 ppm em condições de pH = 5) e alto conteúdo de As (25 a 30wt%) (Filippou e Demopoulos, 1997) tornam esta fase ideal para o sequestro e remoção de As do ambiente aquoso (Bluteau e Demopoulos, 2007).

O tamanho do grão (área da superfície mineral ou superfície específica) e a cristalinidade afectam também a solubilidade (Welham *et al.*, 2000); quanto maior o grão e mais cristalino menor a superfície específica disponível para a alteração e solubilidade no meio aquoso.

Por sua vez, a scorodite mais cristalina é considerada o produto de alteração menos solúvel entre as fases que incorporam o As; comparativamente com fases amorfas, a scorodite cristalina é cerca de 100 vezes menos solúvel (Demopoulos *et al.* 1995; Langmuir *et al.*, 2006). Esta também parece ser mais eficaz no sequestro de As que os arsenatos de Fe amorfos, fixando cerca de 90% de As, podendo remover até 1,5ppm de As do meio aquoso e mantendo maior estabilidade em testes de lixiviação (Filippou e Demopoulos, 1997).

A cristalinidade da scorodite depende fortemente do pH, considera-se que a formação de fases fracamente cristalinas está associada ao rápido aumento no pH até à neutralidade, o que vem a resultar em sobressaturação com nucleação excessiva (Singhania *et al.*, 2005). A formação de estruturas mais cristalinas é mais provável em condições de pH mais alto, com precipitação ou co-precipitação de oxi-hidróxidos de Fe. Nestas condições, a fixação do As depende também da razão Fe / As em solução (DeSisto, 2008).

Além da scorodite, os arsenatos de Fe com maior significado ambiental, que resultam de processos de oxidação de sulfuretos na presença de soluções aquosas, são: angelellite  $[\text{Fe}_4(\text{AsO}_4)_2\text{O}_3]$ ; ferrisimplesite  $[\text{Fe}_3(\text{AsO}_4)_2(\text{OH}) \cdot 5\text{H}_2\text{O}]$ ; kaatialaite  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{AsO}_4)_3 \cdot 5-5,5\text{H}_2\text{O}]$ ; kanquite  $[\text{FeAsO}_4 \cdot 3,5\text{H}_2\text{O}]$ ; parascorodite  $[\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$  e farmacosiderite  $[\text{Fe}_4(\text{AsO}_4)_3(\text{OH})_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$  (Zhu e Merkel, 2001).

Na RMArga foi identificada kanquite em associação com a scorodite, tratando-se esse de um arsenato de Fe cristalino de ocorrência rara, considerado uma fase de neoformação mais tardia (Drahota e Filippi, 2009). Também é menos estável que a scorodite, podendo evoluir para aquela por desidratação (Rodríguez Vázquez e Menor-Salván, 2012), ou sofrer dissolução libertando elevadas concentrações de As em meio aquoso (Drahota e Filippi, 2009). DeSisto (2008) identificou a associação scorodites - kanquite em níveis sub-superficiais de solos de escombrecas (*hardpans*), correspondentes a cimentos que resultam da precipitação e cementação de fases minerais neoformadas e funcionam como barreiras químicas e físicas à dispersão de contaminantes.

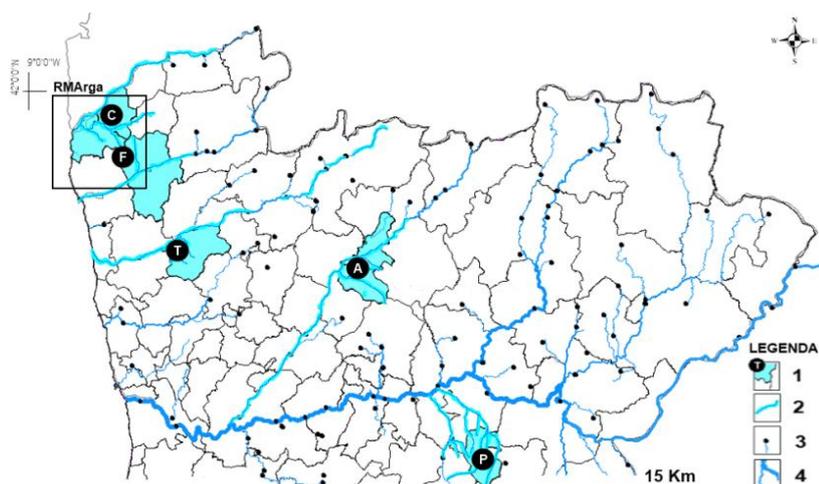
#### V.2.2.2. Ambiente de neoformação scorodítica em EMa – estudos de caso

Entre as paragénese secundárias reconhecidas na RMArga (ver inventário na Tabela IV.32), a scorodite ( $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) é referida como uma fase ubíqua (Leal Gomes e Valente, 1995; Valente, 2004).

A sua ocorrência foi reconhecida sob diversas formas: cristais automórficos isolados ou em rosetas, agregados mais ou menos cristalinos sobre sulfuretos, ou ainda em diferentes tipos de crustificações.

Os EMa seleccionados na RMArga para o estudo de ocorrências scorodíticas foram Castelhão e Fulão localizados no mapa da Figura V.40, em que se indicam também os EMa fora da RMArga: Penedono (Viseu), Adoria (Vila Real), Tibães(Braga). Estes integram o estudo em ambientes de neoformação scorodítica, com objectivo de comparar com as referencias de Arga e, eventualmente, alargar o espectro das observações.

Na Tabela V.24. referem-se para cada EMa as paragénese primárias e secundárias.



**Figura V.40.** Localização no N de Portugal dos EMA em que incidiram amostragens pontuais de neoformações mineralógicas supergénicas e águas de escorrência superficial: Na RMArga: **C** - Castelhão (Caminha); **F** - Fulão (Ponte de Lima); EMA comparativos: **T** - Tibães (Braga); **A** - Adoria (Vila Real); **P** - Penedono (Viseu). (Limites administrativos, CAOP, 2011). LEGENDA: 1- Concelho que circunscrevem os EMA em apreço; 2- Cursos de água; 3- Estações Hidrométricas que apoiam o enquadramento climático (INAG,2006); 4- Rede hidrográfica principal.

**Tabela V.24.** Paragéneses com scorodite, identificadas em escombrelas dos EMA em apreço (retomado de Alves *et al.*, 2010).

EMa	PARAGÉNESE PRIMÁRIA	PARAGÉNESE SECUNDÁRIA
Castelhão	pirite/marcassite>arsenopirite>> volframite>blenda	scorodite > goethite >> farmacossiderite > enxofre nativo
Fulão	arsenopirite>pirite> blenda> galena>calcopirite> volframite>>scheelite>> tungstato de Pb	goethite ≈ scorodite>> beudantite - segnitite > mimetite > carminite > rooseveltite> enxofre > hidalgoite > piromorfite > arsenobismite > covellite > fosgenite
Penedono	arsenopirite > pirite > galena > blenda	scorodite > goethite > sais metaestáveis
Adoria	arsenopirite > pirite > galena > blenda >> volframite > cassiterite >> calcopirite	goethite ≈ scorodite > beudantite > mimetite > carminite > torbernite > anglesite > brochantite
Tibães	arsenopirite>pirite>marcassite> blenda>volframite>calcopirite>> F-apatite>pirrotite	goethite ≈ scorodite > farmacossiderite > enxofre > covellite > strengite >> yanomamite

Os modos de ocorrência, distribuição, associação paragenética, cristalinidade e cor constituem os principais descritores de determinação expedita que foram considerados e coligidos na **Tabela V. 25**.

A ilustração daqueles descritores apresenta-se nas cinco secções seguinte, dedicadas a cada EMA. em estudo. Ai consideram-se os seguintes aspectos:

- geologia regional e depósito mineral;
- vestígios de actividade mineira – escavações e acumulados de resíduos;
- delimitação e descrição expedita de escombrelas e escavações onde se realizaram amostragens (amostras de mão e água de escorrência superficial);
- ilustração de materiais em escombrela – caracterização expedita e identificação mineralógica em DRX
- apresentação de resultados físico químicos, de composição aniónica e de composição química específica de água de escorrência superficial, dados organizados segundo o sistema decádico de **Fersman** (in **Rosler e Lange, 1972**) para águas afectadas e não afectadas pelos materiais de escombrela.

**Tabela V. 25.** Caracterização das ocorrências scorodíticas nos EMA em apreço. SIMBOLOGIA: Distribuição – disperso, D; localizado, L; Abundância relativa - (+) pouco abundante, (++) medianamente abundante, (+++) muito abundante; Cristalinidade (CRIST)- [++] elevada, [+] baixa, [-] aparentemente geliforme; cores segundo os códigos de Munsell (**Rock-Color Chart, 2009**). ABREVIATURAS: [SC] scorodite; [GOE] goethite; [KAN] kanquite; [YNM] yanomamite; [FARM] farmacossiderite; [SULF] sulfuretos indiferenciados; [ARST] arsenatos indiferenciados; [OXI-H] oxi-hidroxiidos indiferenciados; [QZ] quartzo. (retomado de **Alves et al., 2010**).

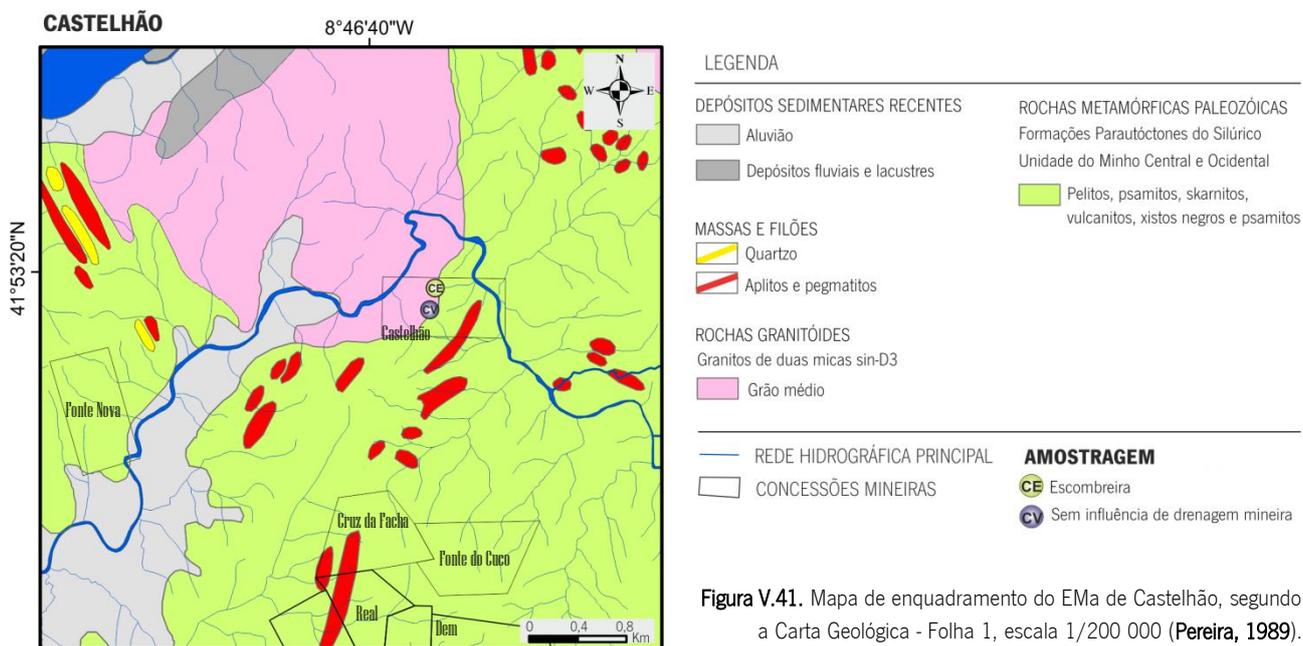
EMA (Imagens Satélite)	LOCAL DE AMOSTRAGEM	DISTRIBUIÇÃO (ABUNDÂNCIA)	ASSOCIAÇÃO SCORODÍTICA	DESCRIÇÃO DE OCORRÊNCIA	CRIST.	COR (Munsell)	FOTOGRAFIA ILUSTRATIVA
Castelhão (Figura V.42*)	Escombreira <b>E4*</b>	D (+)	SC	Cristais isolados sobre QZ	++	5B7/6	Figura V.45 F
	Escombreira <b>E4-5E*</b>	L (++)	SC + SULF	Agregados cristalinos frágeis a pulverulentos	-	5B6/2- 5BG3/2	Figura V.45 E
	Escombreira <b>E4-5W*</b>	D (++)	SC + GOE	Crustas revestindo cavidades em QZ+SULF	+	5BG3/2- 5R3/4	Figura V.45 C, E
Fulão (Figura V.52*)	Afloramento	D (++)	SC + GOE	Gossans desmembrados	-	10GY7/2- 5G7/2	Figura V.53 B (C e D)
	Trincheira <b>E4-1*</b>	L (+)	SC + ARST	Cristais individuais ou agregados botrioidais	++	5G2/1 10R4/6A	Figura V.53 I
	Galeria	L (+)	SC + KAN	Eflorescências	-	5Y8/8 5YG8/8 - N9	Figura V.57 C
		L (++)	ARST (+SC)	Espaleotemas	-	10YR8/8 - 10YR4/6	Figura V.57 B
Penedono (Figura V.62*)	Galeria <b>G2*</b>	D(++)	SC	Revestimento fino	-	5BG4/6	Figura V.63 G, H, I
	Escombreira <b>E2-5*</b>	L(+++)	SC + ARST	Blocos com SC massiva	+	5G6/1	Figura V.63 C
	Talude (tolva) <b>T0*</b>	L(++)	SC + GOE	Crustas pulverulentas policromáticas	-	5RP2/2 - 5BG4/6 - 5PB7/2	Figura V.63 B
Adoria (Figura V.66*)	Escombreira <b>E1*</b>	L(+)	SC	Agregados em 'roseta' sobre QZ	++	5B8/2	Figura V.67 D, E
	Escombreira <b>E0*</b>	D(++)	SC+ ARST	Crustas frágeis a pulverulentas sobre QZ	-	5GY3/2	Figura V.67 B
Tibães (Figura V.69*)	Galeria e Trincheira	L (+)	SC (YNM)	Crescimento de SC sobre YNM	++	5Y7/6	Figura V.70 I
	Escombreira ( <b>E4-5*</b> )	L (+)	SC + GOE + FARM	Cristais individuais ou agregados intercrescidos com FARM	++	5PB5/2 5BG6/6°	Figura V.70 J, K
	Escombreira ( <b>E3*</b> )	D (+++)	SC + SULF	Cimentos policromáticos e multitexturais	-	10YR5/6 - 5YR5/6 - 5Y8/4	Figura V.70 D

#### V.2.2.2.1. EMA de Castelhão – contexto mineiro e ambiente de formação supergênica

O EMA de Castelhão corresponde a uma área mineira, de pequena dimensão (50ha) concessionada na década de 1940. Teve exploração de volframite em veios e filões quartzosos, declarando valores de produção relativamente elevados entre 1943 e 1953 (**Teixeira e Assunção, 1961**). Subsidiariamente terá sido explorada cassiterite em aplito-pegmatitos e sem expressão entre os vestígios de desmonte e tratamento.

O depósito ocorre no contacto entre o granito de Castro (de duas micas, com grão médio) e metassedimentos pertencentes à formação de grauvaques de Argela, segundo a revisão da Folha 1C, (**Leal Gomes, et al., 2008**), considerados UMC na Folha 1 (**Pereira, 1989**) (**Figura V.41**). A instalação dos aplitopegmatitos e filões de quartzo nos metassedimentos estará relacionada com a libertação de magmas e fluidos relacionados com o granito, para um corredor de cisalhamento na D3 Varisca, designado em **Pamplona et al. (2006)** por *corredor de Castelhão*. Este terá sofrido vários

episódios de reactivação que vieram a proporcionar a instalação intra-granítica de veios de quartzo *en-echellon*, mineralizados por sulfuretos e volframite.



**Figura V.41.** Mapa de enquadramento do EMA de Castelão, segundo a Carta Geológica - Folha 1, escala 1/200 000 (Pereira, 1989).

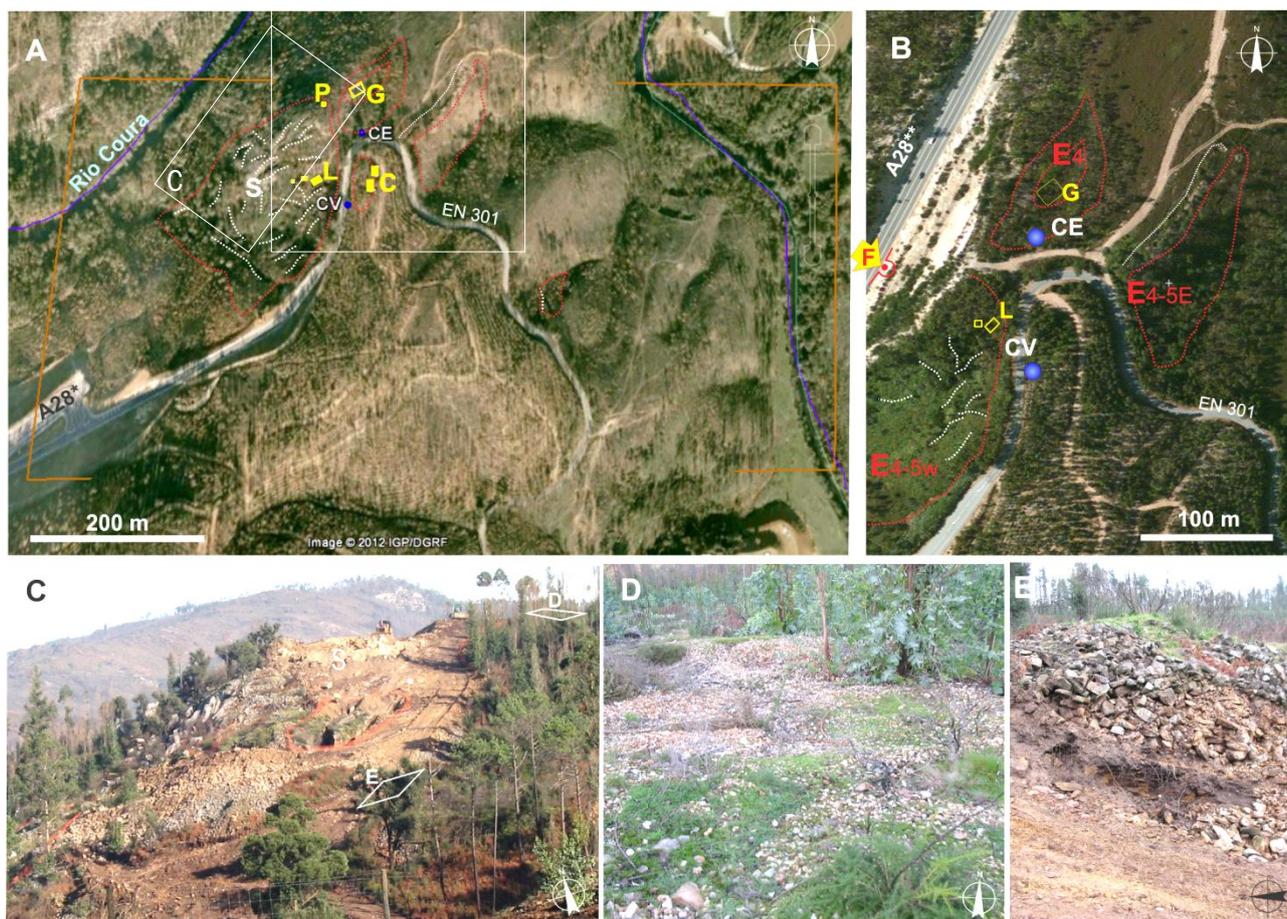
A actividade mineira em Castelão teve duas fases: uma na década de 1940, outra, na década de 1950. A primeira fase ficou marcada pela intervenção popular em massa. A exploração não teve orientação técnica e os desmontes eram realizados por grupos de “*trabalhadores por conta própria*” sobre os vários filões e em escavações paralelas.

Reconheceram-se cerca de 2 dezenas de frentes (trincheiras, galerias e poços com a orientação dada pelo tracejado branco na **Figura V.42 A**), algumas das quais contactando em profundidade e convergindo do mesmo socavão (representado pela letra **S** na mesma figura).

O tratamento do “*tout-venant*”, na década de 1940 era realizado de forma rudimentar, com britagem manual em compartimentos esculpidos no maciço granítico (cumeada assinalada com “**G**” na **Figura V.42**). Aí se procedia ao apuramento hidrogravítico, resultando escombreiras com materiais grosseiros, ainda com mineralização útil e sulfuretos (escombreira designada **E4** na **Figura V.42 B**, fotografia **Figura V.42 D**).

A segunda fase de exploração, na década de 1950, foi realizada sob orientação da concessionária, em que o tratamento era realizado numa lavaria com fragmentação até aos 3mm (lavaria assinalada com “**L**” na **Figura V.42**). O material rejeitado era depositado na encosta, dispersando-se entre os materiais grosseiros da primeira fase. A construção recente de uma rodovia na área mineira, expôs em corte aqueles materiais acumulados (**Figura V.42E**).

Após suspensão e abandono da lavra, no final da década de 1950, a área com maior intervenção veio a tornar-se densamente vegetada com espécies arbustivas regionais, mascarando os vestígios de lavra.



**Figura V.42.** EMA de Castelão antes (A); durante (C) e após (B) a construção da rodovia sobre a área mineira. **A** – Imagem satélite captada em 30 de Out. 2006 (41°53'13"N, 8°46'23"W, Google Earth™ 7.0.3.8542), troço da rodovia realizado até Vilar de Mouros (A28\*), antes de atingir os vestígios mineiros da encosta correspondente à fotografia C: indicação das escavações (traço branco), socavão (S); escombrelas (traço vermelho); paiol (P); vestígios não atingidos pela A28: edifícios e infra-estruturas de tratamento (traço amarelo), “Casa da Companhia” e “Venda” (C), pias ou talhas para moagem e lavagem de minério da 1ª fase de exploração – bem preservadas (G), lavoura da 2ª fase de exploração, em ruína (L). **B** – Imagem satélite captada em 2009 (FlashEarth ©Microsoft Corporation, Digital Globe) troço construído da rodovia entre Vilar de Mouros e Gondarém (A28\*\*), discriminação de escombrelas pelo tipo de material (E4-5W, E4 e E4-5E), a escombrela E4-5W e toda a encosta correspondente foi interceptada pelo eixo da via, sendo parte do material remobilizado e soterrado; **C** – Fotografia da encosta do socavão (S), primeiros trabalhos de implantação da A28 (Dezembro de 2006), reconhecem-se as escavações mineiras que foram, em parte, soterradas pelo material das escombrelas; indicação da escombrela E4, de fragmentação e lavagem (Fotografia D), e de um perfil da escombrela E4-5W, de desmonte e primeira escolha (Fotografia E). Locais de amostragem de água: **CE** – na escombrela E4; **CV** – em cota elevada e sem influência das escombrelas

A construção do troço final da Auto-estrada Litoral Norte, A28 (Vilar de Mouros – Gondarém), em 2007, interceptou a área com maior número de vestígios mineiros e uma área de escombrela extensa. Na base do talude da rodoviária é possível observar em corte uma galeria de flanco de encosta (secção enrocada), correspondente à segunda fase de exploração – assinalada com **F** na Figura V.42 B.

As operações de desmonte para o troço rodoviário, interceptaram maciços onde se procedeu à amostragem no talude. Aí identificaram-se ocorrências peculiares, como por exemplo mineralizações fosfáticas em fácies aplito-pegmatíticas e greisens. Numa faixa sub-horizontal de espessura decimétrica, detectou-se planerite-turquesa em microcavidades e disseminada em matrizes aplíticas muito argilizadas (Figura V.43). A identificação efectuou-se em DRX

(Figura V.44) sobre agregados cristalinos com morfologia maciça e em esférulas. Em observação à LB as microcavidades sugeriam um crescimento botrioidal e revestimento oolítico.

As esférulas de planerite-turquesa apresentavam variações cromáticas, com zonamento concêntrico oscilatório (índices de Munsell 5BG 6/6 a 5BG 8/6), e com variação de tom entre as cavidades (5BG, azuis e 5G, verdes).

A variação cromática poderá estar relacionada com o termo composicional da solução-sólida planerite-turquesa, descrita em Foord e Taggart (1998),  $Al_6(PO_4)_2(PO_3OH)_2(OH)_8 \cdot 4(H_2O) - CuAl_6(PO_4)_4(OH)_8 \cdot 4(H_2O)$ . Atribuindo o termo planerite aos tons verdes e o termo turquesa aos tons azul-esverdeados (Figura V.43 B e C).

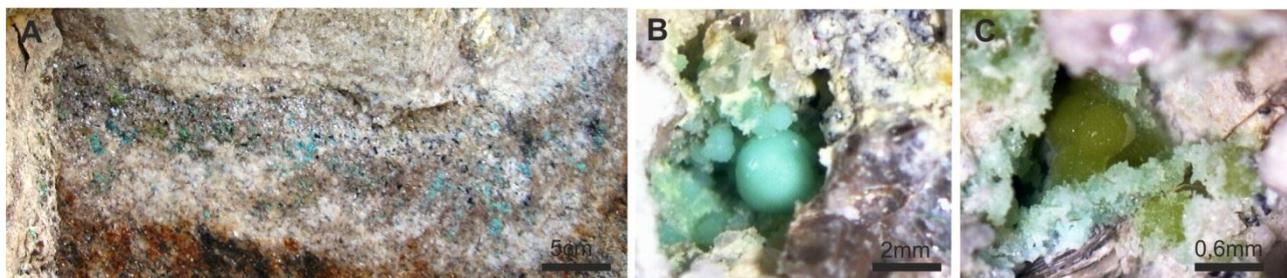


Figura V.43. Fácies de acolhimento aplito-pegmatítica da mineralização fosfática (A) – nível de precipitação *in situ*. B e C pormenores da ocorrência em solução sólida – planerite-turquesa – pela discriminação cromática convencional atribui-se a B o termo turquesa (5BG 6/6) e a C o termo planerite (5G 6/6), (referências de Munsell).

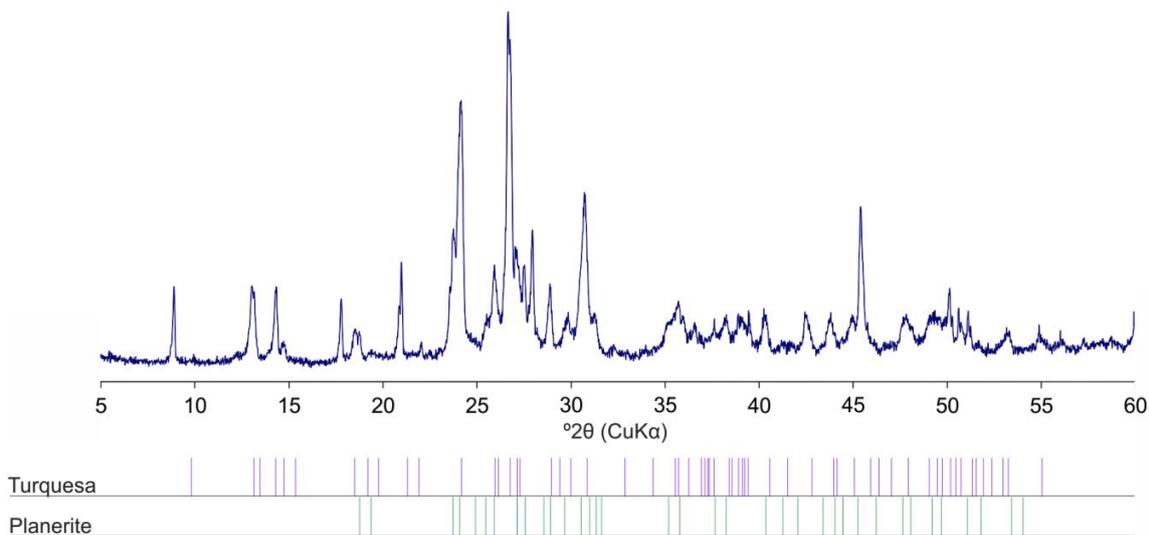
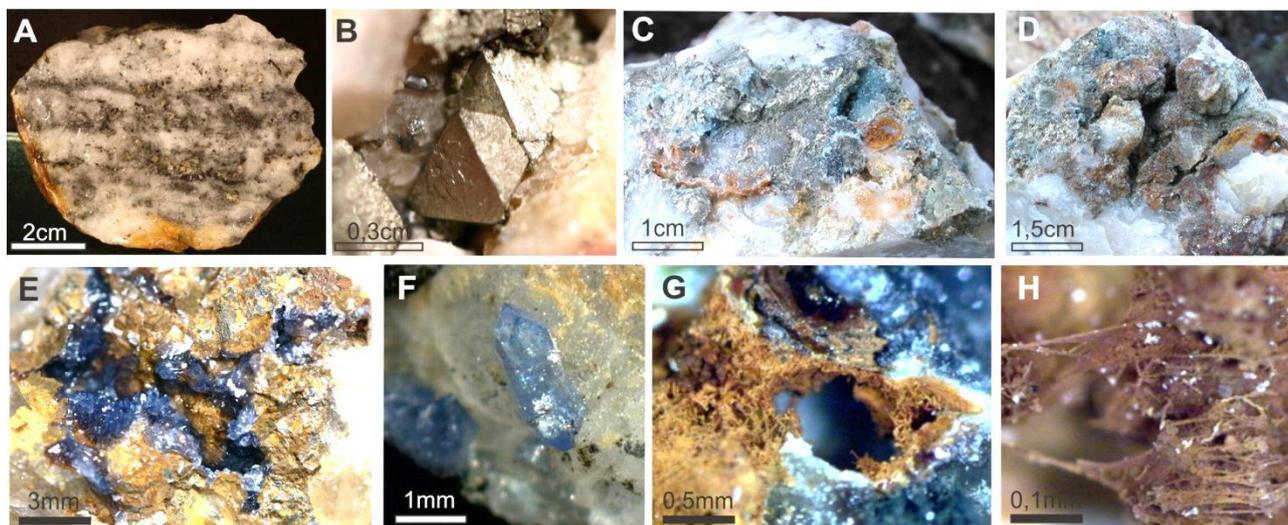


Figura V.44 . Difractograma de RX sobre pós de uma amostra de fosfatos da série planerite-turquesa, similar à ilustrada na Figura V.443 A (EMa de Castelhão). Fichas JCPDS: 00-050-1654 (planerite), 6-214 (turquesa) e 29-0694 (kanquite); Picos dos minerais da base de dados ICDD.

Nas escombreiras realizou-se amostragem durante e depois da construção do troço rodoviário (2007-2009), que abrangeu a área actualmente ocupada pelo eixo da via (escombreiras E4-5W, E4 e E4-5E, Figura V.42 B).

Na Figura V.45 ilustra-se a diversidade de amostras sobre as quais incidiu identificação mineralógica em LB e DRX e que tiveram prosseguimento analítico em MSE. Nas amostras seleccionadas incluem-se as paragénese primárias e secundárias sumariadas na Tabela V.24 atrás.

A pirite e marcassite são os sulfuretos mais abundantes na escombreira, integrando geometrias de tipo *crack-seal* (Figura V.45A), onde ocorre disseminada a volframite, frequente na escombreira E4. A arsenopirite surge muito alterada (Figura V.45C e D) parcial ou completamente substituída pela scorodite, observando-se a associação com hidróxidos de Fe e, por vezes, kanquite. A scorodite é a neoformação mais abundante e apresenta morfologias e cores diversificadas (Figura V.45E e F e Figura V.47).



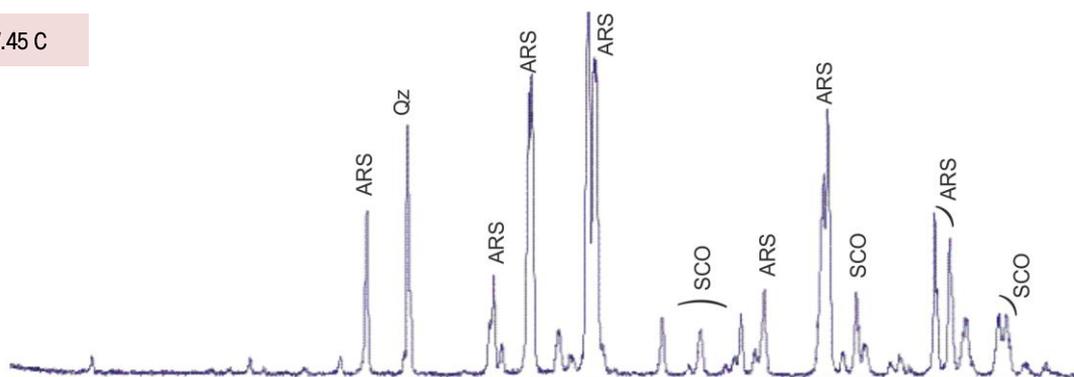
**Figura V.45.** Diversidade morfológica e cromática apreciável em amostras de mão das escombreiras E4-5E (C,D, E, G-H) e E4 (A,B e F), EMa de Castelhão: **A** - quartzo com mineralização de W e sulfuretos, textura em *crack-seal* e microcavidades de crescimento livre, em que pode ocorrer pirite euédrica (**B**); **C, D** - *Boxwork* em massas de sulfuretos em bloco de quartzo - revestimento de agregados cristalinos scorodíticos; Índices de Munsell de **C** - de 5B 7/6 (superfície) até 5B 8/2 (interior da cavidade), **D** - de 5BG 3/2 até 5R 3/4 na associação com goethite; **E** - agregados cristalinos de scorodite (5B 7/6), de crescimento livre sobre pirite; **F** - cristal de scorodite euédrico, maclado (5B 7/6) sobre quartzo; **G-H** - rendilhado ou reticulado em *boxwork* de goethite (10YR3/4) contactada por scorodite 5B 8/2 - 5B 7/6 - cavidades no quartzo formadas pela lixiviação seguida de deposição venular de óxidos de Fe. (Foto B - P.Alves)

Os termos e variações cromáticas (índices Munsell) reconhecidas nos revestimentos scorodíticos em fragmentos dispersos na escombreira E4-5E (Figura V.42 B), incluem: 5B 7/6 a 5B 8/2 (varia luminosidade e saturação, para o mesmo tom, ex. Figura V.45 C); 5BG 3/2 a 5R 3/4 (varia tom e saturação, parece manter-se a luminosidade, ex. Figura V.45 D).

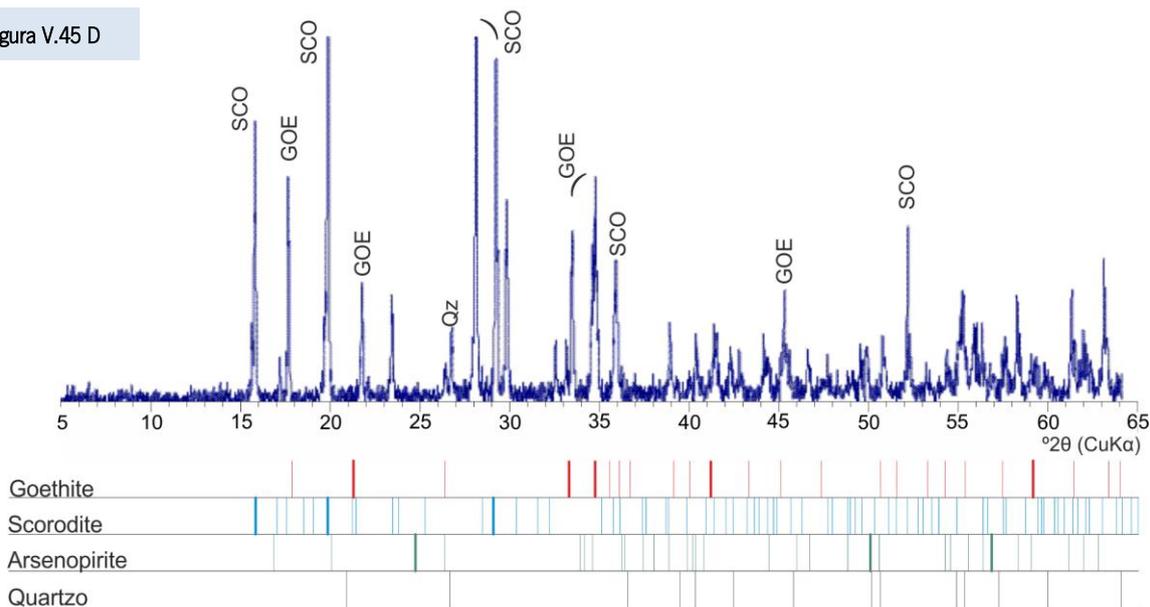
Os difractogramas da Figura V.46 correspondem às fases minerais que se observam associadas à scorodite em cavidades (similares às da Figura V.45 C e D): **A** - arsenopirite; **B** - goethite. As fases minerais identificadas em DRX apoiam as observações relativas aos índices cromáticos referidos na legenda da Figura V.45. No caso de cavidades em que a arsenopirite está ainda presente (Figura V.45 C), a distinção cromática pode justificar-se pela presença do sulfureto parcialmente substituído pela scorodite, que pode interferir na saturação da cor da fase neoformada. A profundidade da cavidade revestida pode justificar a variação cromática (ao nível da luminosidade), do interior para o exterior, respectivamente com maior e menor luminosidade.

Nestas cavidades foi ainda identificada a presença de kanquite ( $\text{FeAsO}_4 \cdot 3,5\text{H}_2\text{O}$ ) recobrendo a scorodite. A kanquite é comparativamente pouco cristalina e difícil de reconhecer em difractogramas que incluem misturas de baixa cristalinidade.

A - Figura V.45 C



B - Figura V.45 D

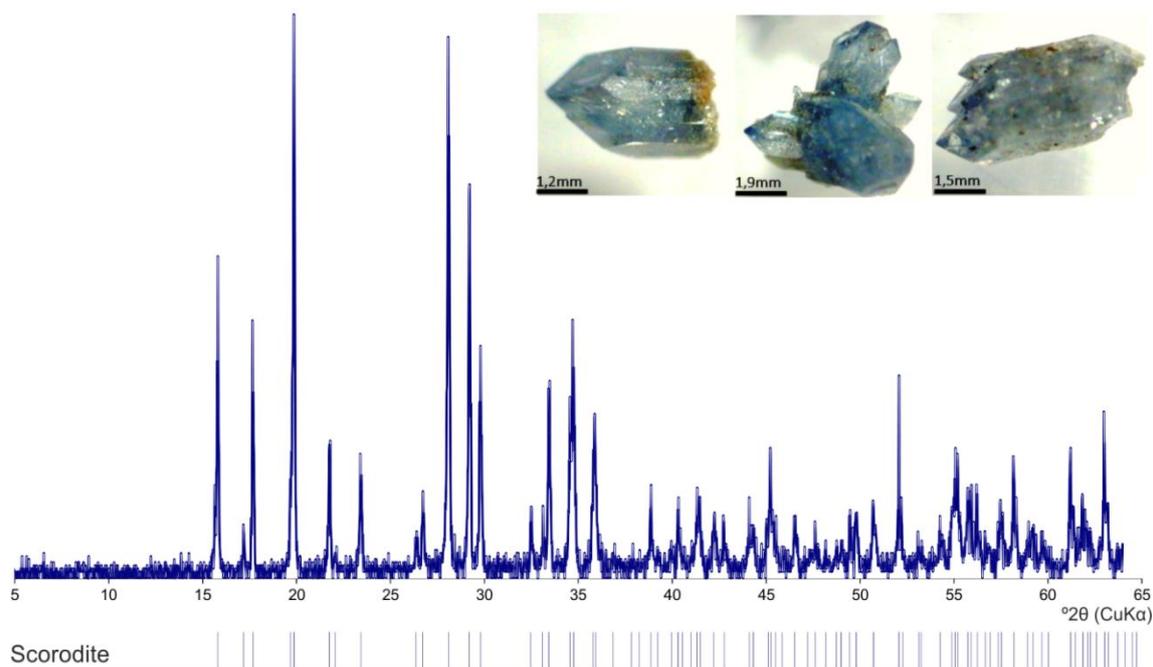


**Figura V.46.** Diffractogramas de RX correspondentes à associação de minerais de cavidades distintas, com revestimento scorodítico ilustrados na **Figura V.45 C e D** (EMa de Castelhão). Fichas JCPDS: 29-0713 (goethite); 37-0468 e 26-0778 (scorodite); 42-1320 (arsenopirite) e 46-1045 (quartzo). Picos diagnósticos dos minerais da base de dados ICDD.

Em cavidades sem arsenopirite visível (**Figura V.45 D**) os revestimentos neoformados incluíam scorodites com tons azul-esverdeados (5BG 3/2) e goethite com tons avermelhados (5R 3/4). A luminosidade parece não variar, o tom e saturação variam de acordo com a fase neoformada, de scorodite (precoce) → goethite (tardia), com contactos aparentemente metaestáveis (**Figura V.45 G e H**).

As scorodite com maior cristalinidade possuem índices de cor relativamente constantes nos tons azuis (5B). Estas foram reconhecidas entre os blocos de quartzo dispersos pela escombreira E4 (**Figura V.42 B**). Os exemplares são semelhantes aos da **Figura V.45 F**, em que o cristal de arsenato apresenta tendência automórfica, ocorrendo sobre o quartzo, ou em cavidades com crescimento livre centrípeto (**Figura V.45 E**).

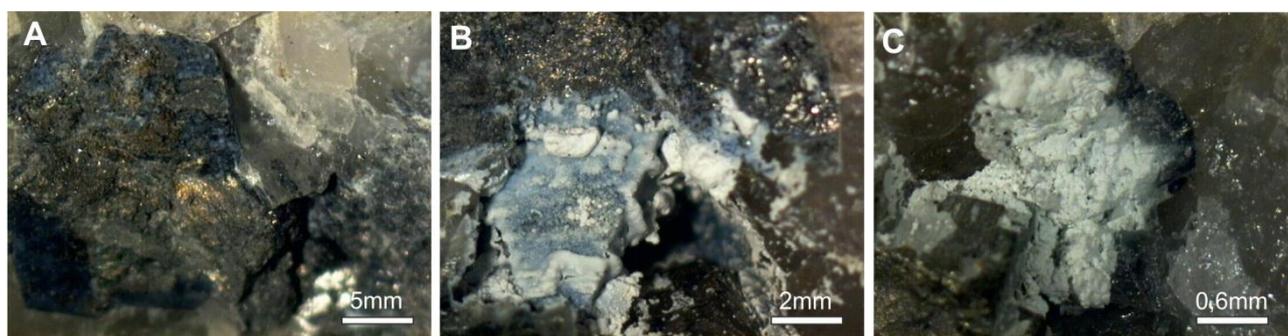
Destas cavidades foi possível amostrar cristais e agregados de scorodite, alguns dos quais flutuantes, similares aos da **Figura V.47**. O diffractograma que lhe é correspondente (**Figura V.47**) apresenta picos diagnósticos bem pronunciados: [d (intensidade relativa)] 3,17 (100); 4,47 (87); 3,05 (59); 5,01 (32).



**Figura V.47.** Difractograma de RX de cristal de scorodite similar aos que se ilustram na figura (fotografia em LB), flutuantes, de crescimento livre em *boxwork*, similares ao cristal da **Figura V.45F** (EMA de Castelão). Ficha JCPDS: 37-0468 (scorodite). Picos diagnósticos da base de dados ICDD.

Algumas amostras das escombrelas E4 e E4-5E (**Figura V.42 B**), com neoformações minerais e ainda na presença de sulfuretos sugeriram fases de alteração em que a scorodite representaria um produto intermédio. As **Figura V.48** e **Figura V.49** ilustram associações minerais em cavidades em quartzo com mais ou menos sulfuretos; sugerem uma possível transição sulfureto → arsenatos → hidróxidos de Fe e, especificamente, a evolução (arsenopirite →) scorodite → kanquite → goethite.

Na **Figura V.48** a kanquite parece recobrir a scorodite inicialmente de forma lamelar, para a substituir completamente, com um preenchimento maciço a pulverulento.



**Figura V.48.** Evidências de uma cronologia de alteração de sulfuretos → arsenatos (observações em LB): **A** - pirite e arsenopirite em quartzo, com substituição parcial pela scorodite; **B** - sulfuretos revestidos pela scorodite e esta com recobrimento lamelar por kanquite; **C** - preenchimento da microcavidade com kanquite maciça a pulverulenta.

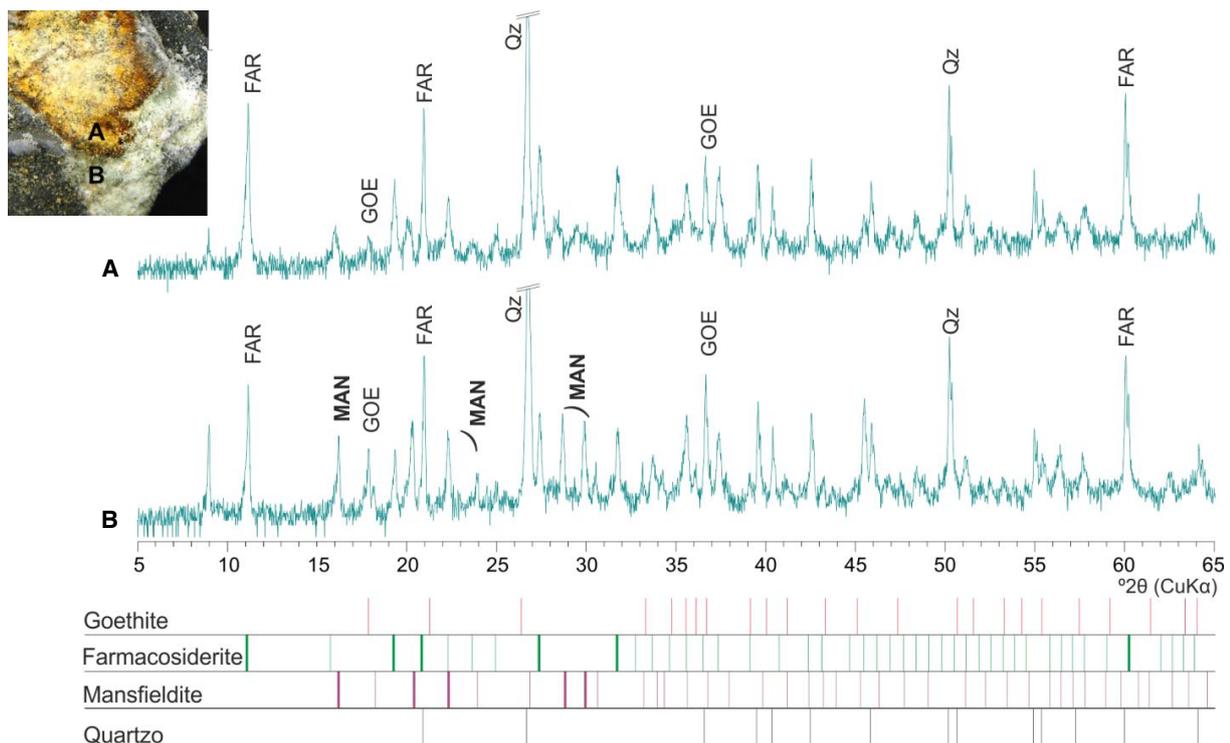
As microfotografias da **Figura V.49** sugerem distintos aspectos de instabilização da scorodite, não necessariamente sequenciais, em que terá ocorrido uma substituição superficial da estrutura cristalina: **A** - marcas de

corrosão, ou dissolução com precipitação sucessiva de kanquite; **B** – possível pseudomorfose ou revestimento de kanquite, com elevada friabilidade (edifício oco); **C** e **D** - substituição centrípeta de possível kanquite por hidróxidos de Fe.



**Figura V.49.** Aspectos de alteração/instabilização da scorodite (observações em LB): **A** - marcas de corrosão – dissolução na superfície dos cristais scorodite. **B** - scorodite evoluída para kanquite; **C** - hidróxido de Fe em substituição de possível kanquite botrioidal; **D** - substituição completa pelo hidróxido de Fe, com kanquite intersticial (aquisição de morfologia botrioidal).

Na escombreira **E4-5W** ilustrada na **Figura V.42 B**, foram identificados no nível inferior sulfuretos muito alterados, parcial e totalmente substituídos por misturas complexas de arsenatos, que além da scorodite, pouco cristalina, incluíam farmacosiderite [ $KFe_4(AsO_4)_3(OH)_4 \cdot 6-7H_2O$ ] e mansfieldite ( $AlAsO_4 \cdot 2H_2O$ ) (**Figura V.50**).



**Figura V.50.** Difractogramas de RX correspondentes a produtos de alteração de sulfuretos, os materiais analisados estão assinalados com A e B (largura da fotografia = 3cm), (EMA de Castelhão). Fichas JCPDS: 29-0713 (goethite); 34-0155 (farmacosiderite); 23-123 (mansfieldite) e 46-1045 (quartzo). Picos diagnósticos da base de dados ICDD.

A mansfieldite é um arsenato de Al hidratado, que forma com a scorodite uma série isomórfica. Ambas representam os termos Al - Fe de uma série contínua que admite substituição completa (Allen *et al.*, 1948). A farmacosiderite é um arsenato de Fe e K hidratado que ocorre frequentemente em associação com a scorodite. Os

difractogramas correspondentes a estas associações (**Figura V.50 A e B**) apresentam para a farmacosiderite os picos diagnósticos [d (intensidade relativa)]: 7,98 (100); 4,60 (100); 3,29 (70); 2,80 (65); 1,59 (60) (34-0155, ICDD,) e para a mansfieldite, com melhor resolução no difractograma B, os picos [d (intensidade relativa)]: 5,5 (100); 4,3 (50); 4,0 (50); 3,1 (95); 2,99 (57) (23-123, ICDD,).

Para análise das condições hidrogeoquímicas que presidem à neoformação mineralógica foram obtidas amostras de água no EMA de Castelão (locais indicados na **Figura V.42**, atrás). Seleccionou-se um local de acumulação de água de escorrência na escombreira E4 (**CE**), onde se identificaram cristais de scorodite automórficos, sem associação visível com a arsenopirite. São vulgares fragmentos de quartzo com volframite, pirite e hidróxidos de Fe.

Obteve-se, para comparação, uma amostra de água em cota superior às escombreiras, num curso de água escavado em micaxisto andaluzítico, sob a forma de rego que, no passado, fornecia água para as actividades mineiras, designado localmente por “Rego do Viso” (local **CV**).

As **Tabela V.26** e **Tabela V.27** incluem os parâmetros físico-químicos, composição aniónica e a componente multielementar das amostras de água, respectivamente **CE** e **CV**. Os procedimentos e técnicas de análise encontram-se explicitados no **Capítulo II (Figura II.13)**. Os limites de detecção analítica para cromatografia iónica e ICP/MS de alta resolução, estão discriminados nas **Tabelas II.5, II.6 e II.7 (Capítulo II)**.

Segundo os parâmetros físico-químicos analisados os dois ambientes mostram alguma semelhança, a água de escorrência na escombreira apresenta um valor de pH = 4,18 e acidez (9,5mg/L CaCO<sub>3</sub>). Na componente aniónica os conteúdos mais altos detectaram-se na água da escombreira, variando da seguinte forma: SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (3 - 25mg/L), de F (0,04 - 0,20 mg/L). Os conteúdos de Cl<sup>-</sup> verificados nas duas escorrências (12 e 9,3 mg/L) são os mais elevados do conjunto de todas as escorrências amostradas nos vários EMA, que poderá dever-se ao contributo de aerossóis marinhos, dada a proximidade ao mar (cerca de 8Km).

No que respeita a elementos maiores, destaca-se o elevado conteúdo de Al nas águas de escorrência não afectadas pelas escombreiras (340 514ppb Al), nestas a concentração é três ordens de grandeza menor (954,1ppb Al).

Entre os elementos traço com maior relevância ambiental, salienta-se o elevado conteúdo de As em escombreira (129ppb As), relativamente à água fora daquela influência (6,8ppb As). O valor registado na escombreira está acima dos máximos recomendável e admissível para águas de consumo (10 - 50 ppb; **DL nº 306/2007**).

Regista-se para o conteúdo de W na escombreira um valor superior ao encontrado fora da sua influência (0,05 - 0,0048ppb W). Também os conteúdos de Cu são mais elevados na escombreira (11,6ppb Cu) relativamente à escorrência não afectada pelos materiais desmontados (1,86ppb Cu).

O Zn mantém a mesma ordem de grandeza nos dois ambientes sendo um pouco mais elevado fora da influência da escombreira (11,08 - 14ppb Zn). O Co, o Ba e o Sr mostram o mesmo comportamento (0,42 - 1,13ppb Co).

A alusão aos restantes elementos e verificação de algumas tendências será feita conjuntamente, reunindo os dados de cada EMA em apreço no estudo de ambiente de neoformação mineralógica em escombreira (secção **V.2.2.5**).

**Tabela V.26.** Dados físico-químicos e de análise química (ICP-MS) de água de escorrência na **escombreira E4** (local **CE**), EMA de **Castelhão**. Parâmetros de medição expedita: pH, temperatura (T), potencial redox (Eh) e condutividade eléctrica (CE); medição em condições laboratoriais: sólidos suspensos totais (SST), alcalinidade total (AlcTot) e acidez (Acid); composição aniônica: F, Cl, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Br, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>; componente multielementar (unidades em ppb) - distribuição dos elementos por intervalos de ordens de grandeza (adaptado do Sistema Decádico de **Fersman**, in **Rosier e Lange, 1972**)

pH	T (°C)	CE (µS/cm)	Eh (RmV)	SST (mg/L)	AlcTot (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Acid (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	F	Cl	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Br (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
4,18	9,8	69,8	370,8	23	-	9,5	0,20	<b>9,30</b>	0,40	< 0,01	0,10	< 0,01	<b>25,0</b>
<b>HIDROGEOQUÍMICA MULTIELEMENTAR</b>													
>100 000 ppb	100 000 10 000	10 000 1 000	1 000 100	100 10	10 1	1 0,1	0,1 0,01	0,01 0,001	<0,001 ppb				
-	-	<b>Na 5 889</b>	<b>Al 954,1</b> <b>Mg 696,9</b> <b>K 536,9</b> <b>Ca 471,0</b> <b>As 129,0</b>	<b>Fe 62,35</b> <b>Mn 19,84</b> <b>Cu 11,60</b> <b>Zn 11,08</b>	<b>Sr 4,87</b> <b>Ba 3,64</b> <b>Se 1,50</b> <b>Sb 1,18</b> <b>Ni 1,02</b>	<b>Li 0,93</b> <b>Co 0,42</b> <b>Pb 0,32</b> <b>Be 0,54</b> <b>Ce 0,47</b> <b>Nd 0,36</b> <b>U 0,26</b> <b>Y 0,23</b> <b>Cr 0,20</b> <b>Ti 0,17</b> <b>La 0,14</b> <b>Sm 0,12</b>	<b>Zr 0,090</b> <b>Dy 0,077</b> <b>Pr 0,068</b> <b>V 0,063</b> <b>Yb 0,055</b> <b>Th 0,054</b> <b>W 0,050</b> <b>Er 0,048</b> <b>Mo 0,036</b> <b>Cs 0,030</b> <b>Ge 0,030</b> <b>Eu 0,025</b> <b>Gd 0,025</b> <b>Cd 0,020</b> <b>Sc 0,019</b> <b>Tb 0,019</b> <b>Sn 0,014</b> <b>Ho 0,013</b> <b>Te 0,011</b>	<b>Lu 0,0089</b> <b>Tm 0,0068</b> <b>Tl 0,0052</b> <b>Hf 0,0047</b> <b>Ga 0,0044</b> <b>Bi 0,0042</b> <b>Au 0,0012</b> <b>Ag 0,0010</b>	<b>Nb 0,0006</b> <b>Ta 0,0003</b> <b>Re 0,0002</b> <b>In 0,0002</b>				
Σ	-		5889	2787,9	104,87	12,21	4,16	0,747	0,0364	0,0013			

**Tabela V.27.** Dados físico-químicos e de análise química (ICP-MS) de águas de escorrência **sem influência dos materiais de escombreira** (local **CV**), EMA de **Castelhão**. (Parâmetros e sua organização similares aos da **Tabela V.26**)

pH	T (°C)	CE (µS/cm)	Eh (RmV)	SST (mg/L)	AlcTot (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Acid (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	F	Cl	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Br (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
4,8	10	60,6	358,1	0	1,2	-	0,04	12	0,10	0,01	0,05	< 0,03	<b>3,0</b>
<b>HIDROGEOQUÍMICA MULTIELEMENTAR</b>													
>100 000 ppb	100 000 10 000	10 000 1 000	1 000 100	100 10	10 1	1 0,1	0,1 0,01	0,01 0,001	<0,001 ppb				
<b>Al 340 514</b>	-	<b>Na 8 438</b> <b>Mg 1 061</b>	<b>Ca 349,08</b> <b>K 272,99</b>	<b>Fe 70,91</b> <b>Mn 33,5</b> <b>Zn 14,4</b>	<b>As 6,80</b> <b>Ba 6,77</b> <b>Sr 3,89</b> <b>Cu 1,86</b> <b>Se 1,50</b> <b>Ni 1,47</b> <b>Co 1,13</b>	<b>Sb 0,80</b> <b>Cr 0,50</b> <b>Ce 0,39</b> <b>Zr 0,34</b> <b>Ti 0,28</b> <b>Pb 0,23</b> <b>Th 0,20</b> <b>Be 0,16</b> <b>U 0,14</b> <b>Nd 0,10</b> <b>La 0,10</b>	<b>Y 0,083</b> <b>V 0,068</b> <b>Sc 0,058</b> <b>Pr 0,027</b> <b>Sm 0,023</b> <b>Dy 0,017</b> <b>Te 0,016</b> <b>Cd 0,016</b> <b>Li 0,015</b> <b>Hf 0,015</b> <b>Er 0,013</b> <b>Yb 0,011</b>	<b>Gd 0,0091</b> <b>Bi 0,0088</b> <b>Mo 0,0080</b> <b>Cs 0,0078</b> <b>Eu 0,0067</b> <b>Sn 0,0056</b> <b>Ga 0,0049</b> <b>W 0,0048</b> <b>Tb 0,0046</b> <b>Tl 0,0036</b> <b>Ho 0,0032</b> <b>Au 0,0023</b> <b>Nb 0,0023</b> <b>Lu 0,0017</b> <b>Tm 0,0014</b> <b>Ag 0,0010</b>	<b>Ge 0,0005</b> <b>In 0,0003</b> <b>Ta 0,0003</b> <b>Re 0,0003</b>				
Σ	340 514		9499	622,07	118,81	23,42	3,24	0,362	0,0758	0,0014			

### V.2.2.2.2. EMa de Fulão – contexto mineiro e ambiente de formação supergénica

O EMa de Fulão corresponde a uma faixa mineira, inscrita no cisalhamento polifásico de Argas-Cerquido, NW- SE, de extensão quilométrica e possança métrica, a sua expressão enquanto faixa mineira foi abordada na secção anterior. Acompanha o exocontacto do granito de Arga (de duas micas e grão grosseiro) e metassedimentos no domínio de mantos e dobras, associadas ao antiforme de Covas, em que se incluem formações psamopelíticas poligénicas com intercalações de quartzitos, xistos negros, com nódulos negros de fosfato, liditos, tal como se apresenta na revisão da Folha 1C (Leal Gomes *et al.*; 2008), considerados UMC na Folha 1 (Pereira, 1989) (Figura V.51).

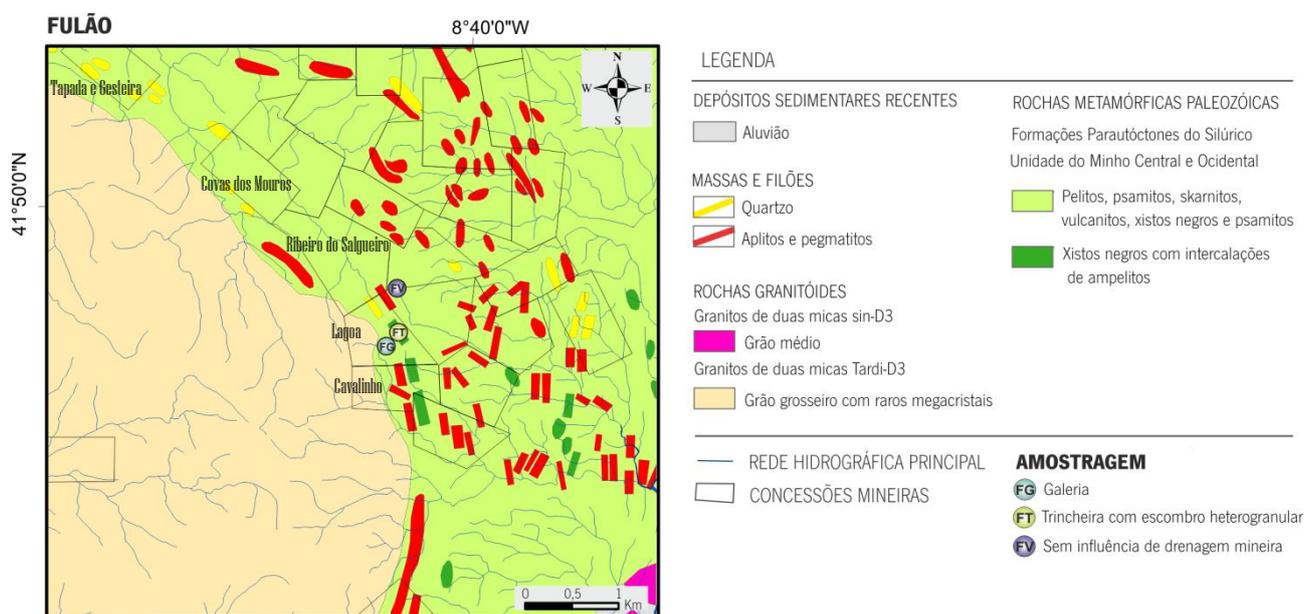


Figura V.51. Mapa de enquadramento do EMa de Fulão, segundo a Carta Geológica - Folha 1, escala 1/200 000, (Pereira, 1989).

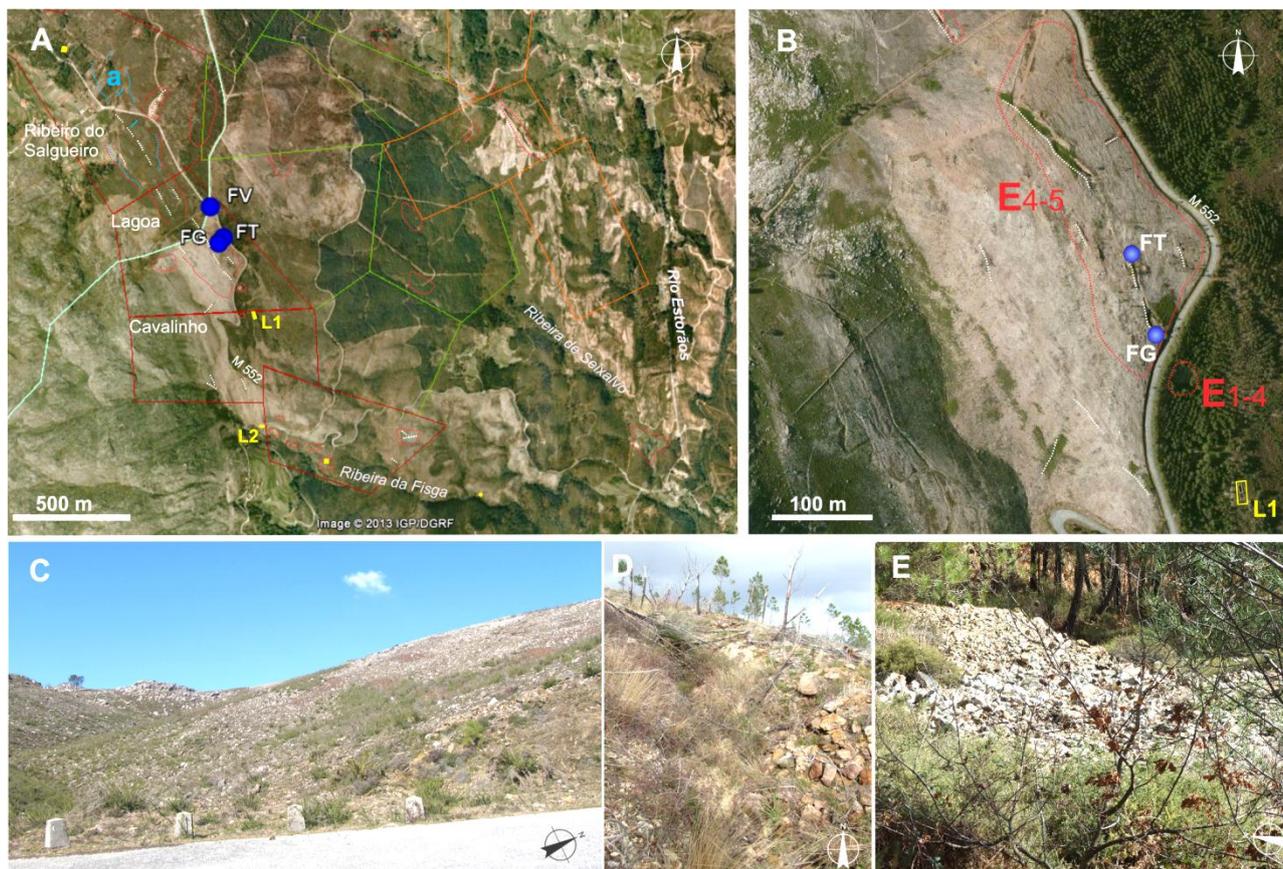
A descrição estrutural e paragenética do depósito encontra-se em Leal Gomes e Lopes Nunes (1991), Leal Gomes e Gaspar (1992, 1993) e Leal Gomes (1994). Trata-se de um filão quartzoso com sulfuretos e mineralizações polimetálicas e pós-pegmatóides: Ti, As, Fe - W, As, Fe - As, Fe, Au - Zn, Cu, Fe - Cu, Pb, Bi, Ag, Au - Au, Ag. Leal Gomes e Gaspar (1992) referem este depósito típico de uma zona de cisalhamento aurífera.

A exploração mineira referível ao EMa do Fulão incidiu em cinco áreas de concessão indicadas na Figura V.51, de Norte para Sul – Tapada e Gesteira, Covas dos Mouros, Ribeiro do Salgueiro, Lagoa, Cavalinho.

Podem referir-se os seguintes períodos de actividade: **1)** lavras ancestrais, eventualmente do período romano, apontadas por Silva Carvalho e Veiga Ferreira (1954) e Martins (2008); **2)** primeiro quartel do séc. XX – concessionário banqueiro - ourives, terá explorado volframite e ouro em superfície, sobre filão e aluvião, abandonou uma década depois; **3)** segundo quartel do séc. XX – concessionário com empreendimentos mineiros na vertente W da RMArge e noutras regiões do país, desobstruiu escavações antigas, explorou escomboreiras e aluviões, aproveitando volframite e cassiterite (algumas das zonas aluvionares exploradas estão indicadas a azul e com a letra “a” na Figura V.52A); **4)** terceiro quartel

do séc. XX – concessionário com sede em Ponte de Lima, traçou galerias em direcção segundo 3 pisos e ampliou os trabalhos à superfície em trincheiras (indicadas com traço branco na **Figura V.52**) terá aproveitado volframite, blenda e ouro; construiu ainda infra-estruturas de pré-apuramento e um armazém (polígonos amarelos e letra “L” na **Figura V.52**).

Do último período de lavra, nos anos 1950, as lavarias processavam às granulometrias: **L1** (4 – 3 – 1,5mm); **L2** (9 – 4 – 2mm). As escombrelas que terão resultado deste processamento localizam-se na proximidade de **L2** (**Figura V.52A**), em cotas mais baixas, e vertentes muito inclinadas ( $> 40^\circ$ ) sobre a Ribeira da Fisga.



**Figura V.52.** Imagens do EMA de Fulão. **A** - Imagem satélite captada a 11 Out. 2009 (41°48'18"N, 8°39'89"W Goolge Earth™ 7.0.3.8542) vertente E do maciço de Arga, o perímetro das concessões a vermelho corresponde ao EMA do Fulão; perímetro das concessões a verde corresponde ao EMA da Cumieira (planalto); perímetro de concessões a laranja corresponde ao EMA de Monteiro (cumeada secundária); vestígios mineiros do EMA do Fulão: **traço branco** – escavações; **traço azul** – limites da exploração aluvionar (**a**); **polígonos amarelos**: edifícios em ruína (**L1** – lavaria de Lagoa, **L2** – lavaria de Cavalinho); estrada municipal **M552**, construída na década de 1950 pela concessionária mineira (cerca de 9 Km). **B** - Imagem satélite captada em 2012 (Flash Earth© Microsoft Corporation) área da concessão de Lagoa: **traço vermelho** - delimitação das escombrelas (E4-5 e E1-4); locais de amostragem de água: **FT** – trincheira com material desmontado solto; **FG** – entrada de galerias; **FV** – encosta Este, sem influência do material das escombrelas; **C** - Encosta Sul da concessão mineira de Lagoa, destaca-se a dispersão do material quartzoso, grosseiramente fragmentado, resultado do desmonte e primeira escolha; **D** - Trincheira onde se realizou amostragem (**FT**), profundidade máxima 1,6m; **E** - Escombrela E1-4, à boca da galeria (vista superior).

As escombrelas amostradas correspondem às áreas **E4-5** e **E1-4** na **Figura V.52B**, concretamente na concessão de Lagoa. Estas escombrelas não resultam do tratamento de minérios em lavaria, apenas do desmonte e primeira escolha junto das entradas das galerias e trincheiras. A escombrela **E4-5** localiza-se numa cota mais alta, com declives entre 20-40° (**Figura V.52D**). Os materiais dispersos pelas encostas ou acumulados junto e nas próprias escavações correspondem à tipologia 4-5 - muito grosseiros, de fácies encaixantes metassedimentares e blocos de quartzo com sulfuretos.

Reconhecem-se na escombreira E1-4 (Figura V.52E) materiais menos grosseiros, maioritariamente quartzosos com sulfuretos visivelmente alterados, em muitos casos substituídos por paragêneses secundárias complexas.

No conjunto das áreas de escombreira no EMa do Fulão, em diferentes cotas, reconheceu-se um predomínio diferenciado de sulfuretos. Nas cotas mais altas predomina a blenda e a galena bem pronunciadas nas texturas de tipo *crack-seal*. A arsenopirite e a pirite ocorrem indiferentemente nas várias escombreiras. Estas observações vão de encontro com a descrição paragenética proposta em Leal Gomes e Gaspar (1992) para a distribuição de sulfuretos ao longo da zona de cisalhamento, associada ao carácter diferenciado da expressão aurífera. Dada a diferenciação dos sulfuretos nas várias cotas amostraram-se, além dos materiais de escombreira de Lagoa, também escombreiras das concessões de Ribeiro do Salgueiro (Figura V.52A) e Covas dos Mouros, localizadas mais a Norte e a cotas mais altas.

Em Valente e Leal Gomes (1999) e Valente (1996, 2004) encontram-se descrições da mineralogia neoformada na escombreira de Lagoa (designada neste estudo por E4-5, Figura V.52B). Nesses trabalhos salienta-se a importância de fenómenos de salinização, representados por arsenatos, sulfatos e óxidos-hidróxidos. Refere-se ainda que estas fases neoformadas são responsáveis pelo controlo da lixiviação e (re)mobilização de metais e As para o meio aquoso, designadamente as crustificações sulfatolíticas compostas por melanterite-rozenite de alta cristalinidade, sob a forma de concreções botrioidais e as crustificações scorodíticas estáveis, de alta cristalinidade.

Neste estudo, a amostragem incidiu fundamentalmente sobre crustificações arsenolíticas em que a scorodite apresenta diferentes aspectos morfológicos e cromáticos, como se ilustra na Figura V.53. A diversidade de sulfuretos, determina ambientes de neoformação de paragêneses secundárias complexas.



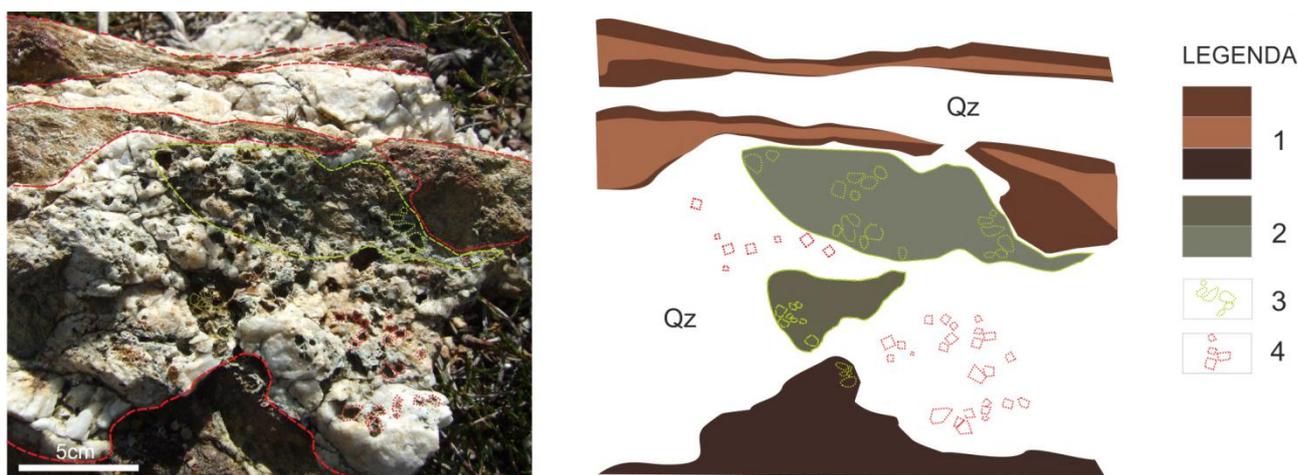
**Figura V.53.** Diversidade morfológica e cromática apreciável em escombreira e afloramento no EMa do Fulão. **A** - bloco de quartzo com arsenopirite, finamente revestida por scorodite, textura *crack-seal*, microcavidades com crescimento livre; **B** - afloramento desmembrado, com bandas bem definidas de scorodite e goethite, imagens de pormenor: **C** - scorodite (10GY7/2 - 5G7/2) em pátinas lamelares de espessura milimétrica; **D** - scorodite (10GY7/2) em revestimentos lustrosos oolíticos; **E** - crosta de enxofre nativo sobre sulfureto indiferenciado (marcas de corrosão e carbonização, possivelmente de incêndio); **F** - recobrimento fino de scorodite (5Y5/6) sobre sulfureto em microcavidade de crescimento livre; **G** - agregados cristalinos de scorodite, em rosetas (5G2/1) e agregados botrioidais de carminite (10R4/6); **H** - estruturas tubulares de hidalgoite pseudomórfica após mimetite, recoberta por carminite (10R3/4) e scorodite (10YR5/4), com agregados cristalinos de beudantite (5Y5/2). (Foto E, F, G, H - P.Alves)

A persistência de fases neoformadas, tal como é abordada em Valente (1996, 2004), diz respeito a um intervalo alargado de humidade relativa (20 – 98%), em que se distinguem: **fases permanentes** com registos de ocorrência em toda a gama e **fases efémeras** com registos de ocorrência em intervalos específicos de humidade relativa. Neste estudo adoptou-se a discriminação expedita do ambiente exposto aos agentes atmosféricos e em ambiente de galeria.

As crustificações scorodíticas expostas em afloramento (Figura V.53B,C,D) podem apontar-se como um termo de mais elevada persistência. Morfologicamente apresentam texturas muito variadas, pouco espessas, de revestimentos lamelares (Figura V.53C) a revestimentos oolíticos compactos (Figura V.53D). A variação cromática é reduzida, para agregados de scorodite pouco espessos, apresentam índices de 10GY7/2 e 5G7/2, varia o tom mediante a associação à goethite e mantêm-se a luminosidade alta e baixa saturação. Em revestimentos lustrosos, texturalmente mais complexos, as cores aproximam-se ao 10GY7/2, similares aos índices para associações com outros produtos de neoformação.

Em afloramento podem identificar-se gossans scorodíticos desmembrados e com texturas de dissolução complexas (Figura V.54A). Os perfis sub-horizontais são pouco espessos, variando de 1 a 10cm, intercalados por massas quartzosas com cavidades de dissolução/lixiviação completa presumivelmente de pirite (vazios correspondentes a cristais cúbicos, Figura V.54A4).

Os níveis gossanizados incluem fácies scorodíticas muito porosas, com vazios relativamente isomórficos mas sem desenvolvimento mineral no seu interior (aspecto em favo, Figura V.54A3), cor relativamente monótona (5GY5/2), com variação do tom (até 10Y4/2) na proximidade de produtos limoníticos. Estes apresentam tons similares, variando a saturação e luminosidade pela presença relativa de quartzo (5YR3/4 – 5YR5/6).



**Figura V.54.** Interpretação morfológica de produtos gossanizados no EMA do Fulão, fotografia do afloramento e redução geométrica. LEGENDA: **1**- fácies limonítica (5YR3/4 – 5R3/4 – 5YR2/2), a representação de bandas é meramente simbólica, pretende destacar variações texturais complexas na matriz da própria fácies; **2** - fácies scorodítica (5GY5/2 - 10Y4/2); **3** - marcas de lixiviação completa de sulfuretos (aspecto em favo do gossan scorodítico), **4** - marcas de lixiviação completa de pirite no quartzo (cavidades prismáticas).

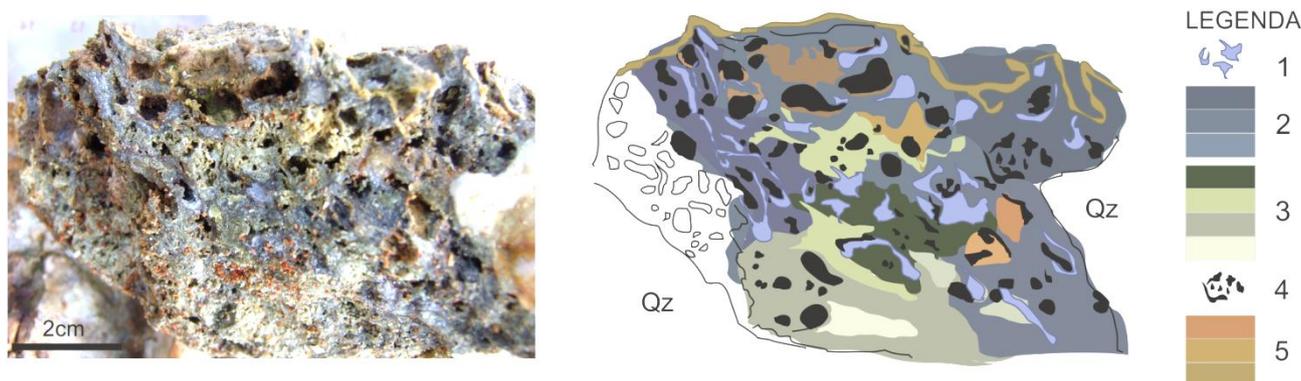
São comuns as crustificações de elevada cristalinidade em blocos de quartzo, fracturados ou com miárolos de tendência automórfica. Estes surgem por vezes preenchidos com fases neoformadas, pseudomórficas, poliminerálicas, em

que se destacam arsenatos, cloro-arsenatos, arseno-sulfatos, sulfatos, fosfatos e tungstatos de Pb, entre os quais a mimetite  $[Pb_5(AsO_4)_3Cl]$ , a carminite  $[PbFe_2(AsO_4)_2(OH)_2]$ , a hidalgoite  $[PbAl_3(AsO_4)(SO_4)(OH)_6]$  (Figura V.53F, G, H), piromorfite  $[Pb_5(PO_4)_3Cl]$  e raspite  $[PbWO_4]$ .

A evolução dos sulfuretos primários (contendo arsenopirite) para as fases neoformadas (scorodite-goethite com diferentes graus de cristalinidade) é expressa em texturas de alteração gradativa. Estas tendências de alteração/oxidação têm sentido centrípeto e centrífugo relativamente à fase primária.

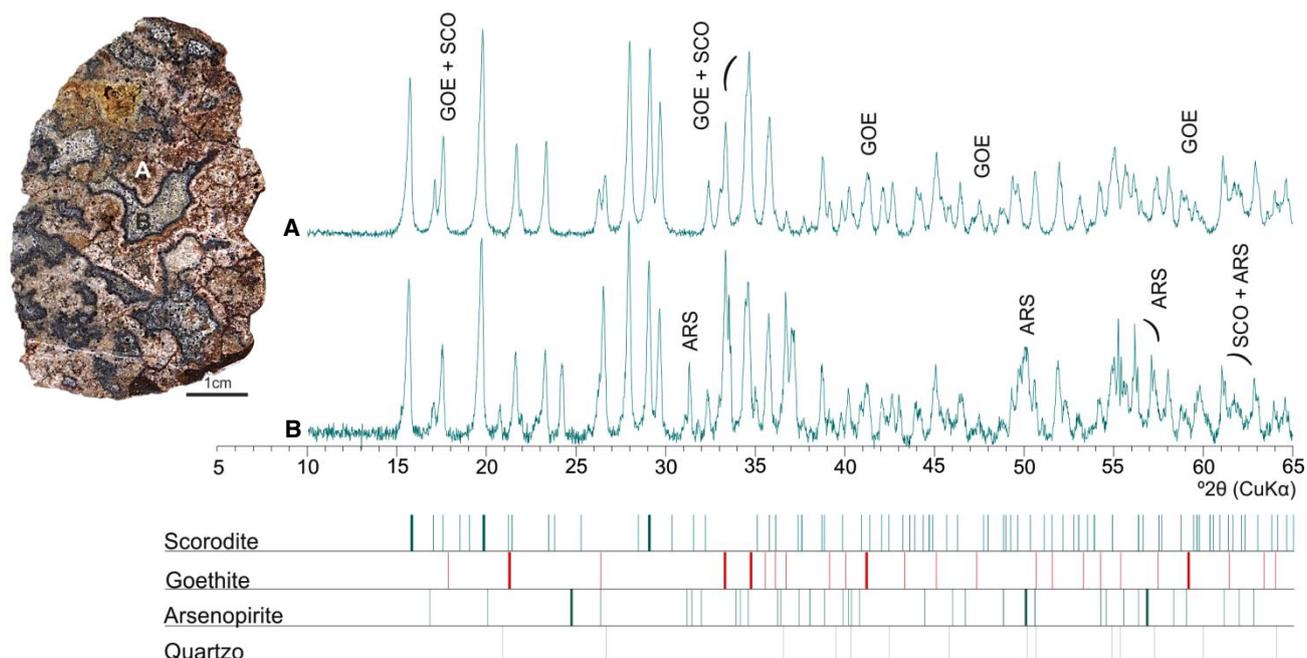
A **alteração centrípeta** foi reconhecida em materiais com morfologias cavernosas, em fragmentos grosseiros de quartzo com arsenopirite (Figura V.55). Nessas amostras podem observar-se núcleos relíquia de arsenopirite preservando brilho metálico e tom cinza claro, dispostas ao longo de uma matriz metastável e muito porosa, com gradações cromáticas pouco acentuadas. Regista maior variação cromática a matriz scorodítica entre os índices 5GY3/2 e 5GY8/1 (ao nível da luminosidade), das superfícies de contacto com o sulfureto até às superfícies de poros e cavidades.

Ainda relativamente à amostra ilustrada na Figura V.55, os produtos ocre e oxi-hidróxidos de Fe revestem superficialmente a matriz de scorodite, apresentando uma pequena gradação na cor mas sem um padrão definido. As cavidades parecem ter sido formadas durante e após a alteração arsenopirite→scorodite, ocorrendo nestas a substituição/precipitação dos oxi-hidróxidos de Fe.



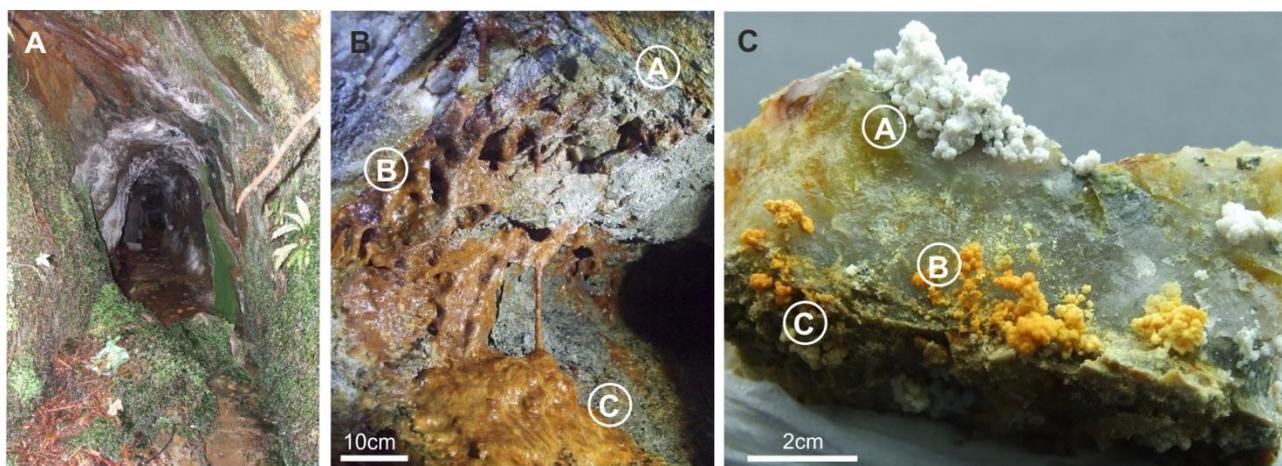
**Figura V.55.** Interpretação morfológica e cromática de produtos de alteração de sulfuretos em escombreira no EMA do Fulão, fotografia da amostra de mão e redução geométrica. LEGENDA: **1** - núcleos restílicos de arsenopirite (interior claro, brilho metálico; bordo escuro, opaco); **2** - arsenopirite muito porosa, de elevada superfície específica, com leve gradação cromática; **3** - produtos scorodíticos com texturas colofórmicas e variações cromáticas 5GY3/2 - 5GY5/2 - 5GY8/1 (índices de Munsell); **4** - poros parcialmente revestidos por scorodite (5GY8/1 - 5GY7/4) (aspecto cavernoso), **5** - oxi-hidróxidos de Fe tardios revestindo cavidades e a superfície da amostra.

A tendência de **alteração centrífuga** verificou-se em amostras da escombreira de Ribeiro do Salgueiro com uma matriz muito porosa e friável, que foi observada após impregnação e corte. A identificação das fases por DRX, permitiu reconhecer misturas de arsenopirite + scorodite (Figura V.56B) e misturas de goethite + scorodite (Figura V.56B), nos difractogramas indicaram-se os picos de difracção diagnósticos das fases goethite (GOE) e arsenopirite (ARS). **Murciego et al. (2011)** apresentam picos de difracção correspondentes a misturas de fases similares para amostras de arsenopirite alterada.



**Figura V.56.** Difractogramas de RX correspondentes às fases A e B, assinaladas na amostra de mão, (EMa do Fulão). Fichas JCPDS: 37-0468 (scorodite, SCO); 29-0713 (goethite, GOE); 42-1320 (arsenopirite, ARS) e 46-1045 (quartzo). Picos diagnósticos dos minerais da base de dados ICDD.

Neofomações scorodíticas de reduzida persistência foram identificadas numa galeria de base, abaixo do nível do Ribeiro de Arga, sem exposição directa às condições atmosféricas (**Figura V.57A**).



**Figura V.57.** Galeria de base da área de concessão de Cova dos Mouros: **A** - entrada da galeria, secção aproximada 2m de altura por 1,50 - 1,80m de largura; **B** - precipitados ocre formando crustificações pulverulentas (5Y8/8) e espeleotemas no tecto, parede e base da galeria, locais de amostragem dos precipitados respectivamente A, B e C, difractogramas de RX na **Figura V.60**; **C** - fragmento de quartzo com sulfuretos (material solto no interior da galeria) com eflorescências salinas botrioidais de diferentes cores (índices de Munsell): A - branco (N9); B - amarelo (5Y8/8); C - verde (5Y8/8), difractogramas de RX para cada fase na **Figura V.59**.

Esta galeria na concessão de Cova dos Mouros (**Figura V.51**) foi alvo um programa de prospecção de Au, Ag e metais associados na faixa correspondente ao EMa do Fulão (**Farinha e Rodrigues, 1992**). Nesta galeria o filão está exposto a tecto e a muro ao longo de todo o traçado, segundo a orientação N30°W, 50-70°SW. Aquele programa de prospecção incluiu amostragem em roços perpendiculares à da caixa filoniana, com espaçamento de 30m, cobrindo uma extensão de cerca de 150m. As amostras foram numeradas de 1 a 5 do exterior para o interior da galeria, cujos resultados

de geoquímica de rocha total se apresentam na **Tabela V. 28**. Os valores apresentados permitem considerar quais os sulfuretos presentes no filão em cada uma das secções amostradas e qual a variação do seu conteúdo metálico.

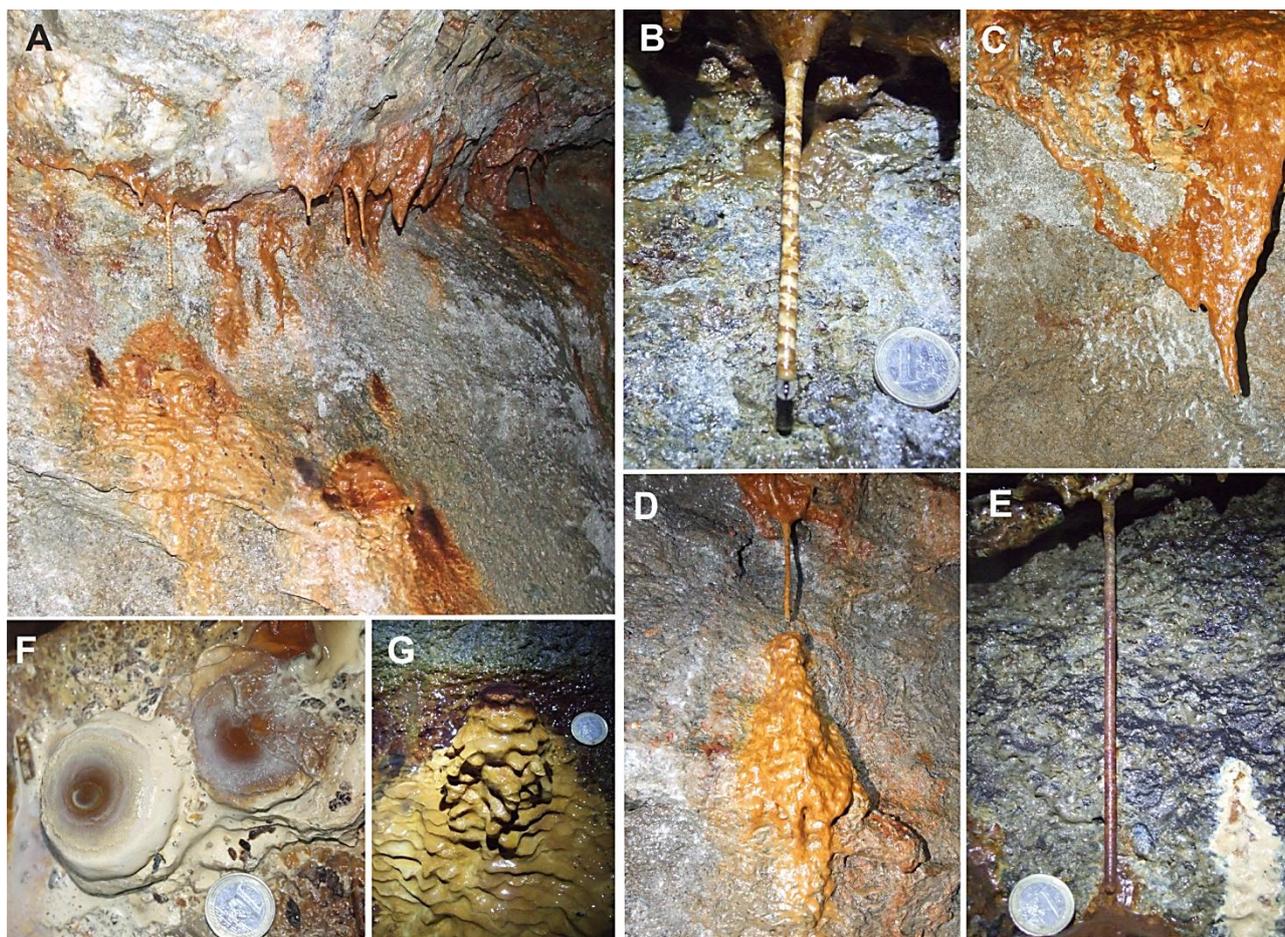
Amostra	Possança (cm)	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	W	Sn	As	Bi	Sb
GAL L-1	25	0,9	427	42	14600	338	330	42	1718	1130	42
GAL L-2	27	<0,1	4,3	26	499	300	46	<4	8200	13	<20
GAL L-3	32	0,6	12,8	48	2275	29	176	11	2063	19	<20
GAL L-4	20	<0,1	3,6	33	1778	122	107	5	2,42%	<5	<20
GAL L-5	61	0,2	4,1	23	262	132	87	<4	2,25%	<5	<20

**MÉTODOS:** Emissão por plasma (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb); Fluorescência de RX (W, Sn).

**Tabela V. 28.** Composições de geoquímica de rocha total (unidades em ppm) de amostras de filão quartzo com sulfuretos expostos na Galeria designada por L (Concessão de Covas dos Mouros), EMA do Fulão. Dados dos programas de Prospecção de Au, Ag e metais associados (Faixa Bouça do Abade - Arga de Cima) (**Farinha e Rodrigues, 1992**)

As amostras colhidas para este estudo, ilustradas na **Figura V.57 B** situam-se entre as amostras GAL L-2 e GAL L-3 (**Tabela V. 28**). A amostra na **Figura V.57 C**, corresponde a material solto, colhido próximo de GAL L-1 (**Tabela V. 28**).

Nas paredes da galeria verifica-se a percolação de água, drenando a caixa do filão (a tecto). Esta circulação de fluidos promove a formação de espeleotemas ocre. Verificou-se o desenvolvimento de neoformações particulares, com cinéticas de crescimento diversificadas, originando estalactites, estalagmites e colunas (**Figura V.57B**) com distintas cores e configurações (**Figura V.58**), sendo este material muito susceptível ao toque.

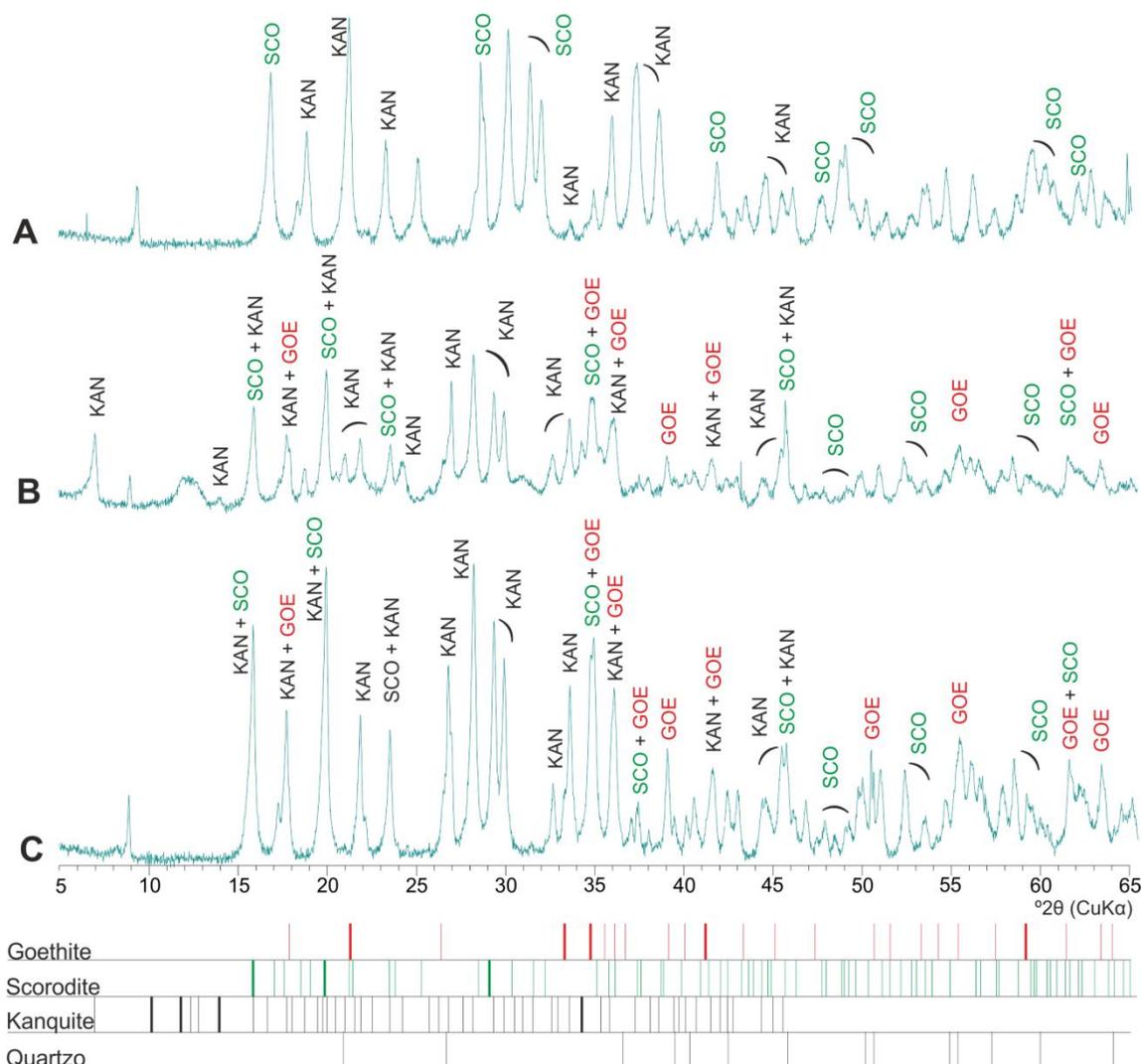


**Figura V.58.** Espaleotemas Ocre em galeria sobre um depósito filoniano de quartzo com sulfuretos: **A** - conjunto de estalagmites alinhadas segundo o filão desenvolvidas no indo-contacto com o encaixante metassedimentar, percolação permanente; **B** - pormenor de uma estalagmite com desenvolvimento em espiral; **C** - percolação segundo um padrão dendrítico convergente para uma estalagmite com base larga e bi-terminada; **D** - estalagmite desenvolvida em contacto com a parede; **E** - pré-coluna, muito fina e de tom purpura, exsurgência branca da parede; **F** - estalagmite no chão da galeria, sobre material solto que aparece incorporado na matriz mais clara - lâminas superficiais muito friáveis; **G** - estalagmite no chão da galeria, com uma configuração em flor, com desenvolvimento incipiente de pequenas estalactites nas orlas exteriores, tonalidades mais amarelas na base e no ponto de gotejamento.

Em condições semelhantes, **Borba e Figueiredo (2004)** identificaram scorodite por DRX em espeleotemas provenientes de galerias abaixo do depósito com arsenopirite.

Foi amostrado e seco à temperatura ambiente um bloco solto na galeria com uma estalagmite. Verificou-se que a estalagmite endureceu (quebrado apenas com canivete). Em operações de corte mecânico mostrou friabilidade e pouca eficiência na impregnação com resinas.

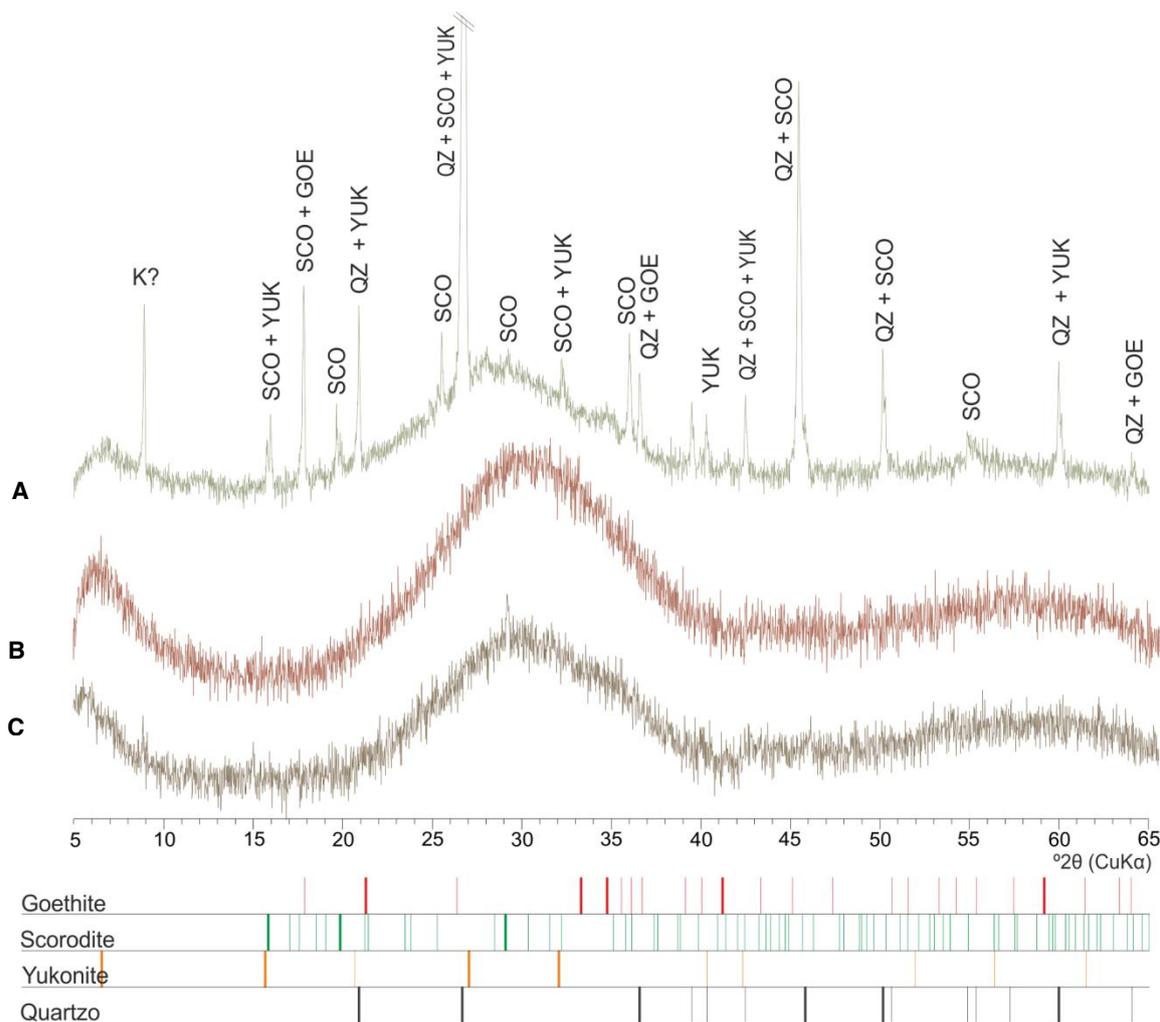
Relativamente ao material solto, ilustrado na **Figura V.57 C**, separaram-se para DRX eflorescências segundo a tonalidade. Os difractogramas da **Figura V.59** correspondem a misturas de fases minerais de baixa cristalinidade, cujas estruturas promovem múltiplos picos de difracção. Pode verificar-se a presença de scorodite em todas as eflorescências: as de cor branca (índice de N9) correspondem a um arsenato de Fe muito hidratado - possivelmente kanquite ( $\text{FeAsO}_4 \cdot 3,5\text{H}_2\text{O}$ ) - com picos diagnóstico [d(intensidade relativa)]: 12.8 (100), 4.764 (34), 2.63 (29). A presença de goethite verifica-se em misturas de tom amarelo (5Y), as eflorescências verdes (5YG) incluíam picos com maior intensidade de todas as fases.



**Figura V.59.** Difractogramas de RX correspondentes a eflorescências salinas com variação cromática (**Figura V.57C**): A - branco; B - amarelo; C - verde (Ema do Fulão). Fichas JCPDS: 29-0713 (goethite, GOE); 37-0468 (scorodite, SCO); 29-0694 (kanquite, KAN) e 46-1045 (quartzo, QZ). Picos diagnósticos dos minerais da base de dados ICDD.

As eflorescências observadas no tecto da galeria (letra A da **Figura V.57B**) podem ser antecessoras de uma estalactite, contactando directamente com o filão de quartzo e sulfuretos. Amostraram-se no tecto lâminas superficiais de estalactites (letra B da **Figura V.57**) e o mesmo na base das estalagmites (letra C da **Figura V.57**). Este material, depois de seco à temperatura ambiente foi seleccionado em LB para identificação em DRX (**Figura V.60**).

Os perfis de difracção são idênticos ao que **Krause e Ettl (1988)** apresentam para arsenatos de Fe amorfos, sobretudo B e C (**Figura V.60**), respectivamente as lâminas superficiais da estalagmite e estalactite. Os perfis apresentam maior intensidade de difracção no intervalo 20-40 Å, ao longo do qual sobressaem picos de fases mais ou menos cristalinas.



**Figura V.60.** Difractogramas de RX correspondentes a neoformações sob a forma de espeleotemas, em galeria (**Figura V.57B**), (EMA do Fulão): **A** - eflorescências difusas no tecto; **B** - superfície de estalactites; **C** - superfície de estalagmites. Fichas JCPDS: 29-0713 (goethite, GOE); 37-0468 (scorodite, SCO); 51-1416 (yukonite, YUK) e 46-1045 (quartzo, QZ), "K?" - eventualmente a fase kaialialite. Picos diagnósticos dos minerais da base de dados ICDD.

No difractograma correspondente às eflorescências do tecto, em contacto com o filão, os picos de difracção são equivalentes ao padrão da scorodite, da goethite e do quartzo (**Figura V.60A**). Foi ainda considerado nesta figura um arsenato de Ca e Fe muito hidratado, a yukonite (YUK), habitualmente descrito como um material amorfo ou semi-cristalino (**Jambor, 1966; Nishikawa, et al., 2006; Garavelli et al., 2009**). Têm sido propostas várias fórmulas químicas para esta fase:  $[Ca_6Fe_{16}(AsO_4)_{10}(OH)_{30} \cdot 23H_2O]$  (**Jambor, 1966**),  $[Ca_2Fe_3(AsO_4)_3(OH)_4 \cdot 4H_2O]$  (**Garavelli et al., 2009**). Segundo

Jambor (1966) o excesso de água na yukonite pode ser expulso a baixas temperaturas, resultando um padrão de RX reconhecível. O Autor refere a grande semelhança entre a yukonite e a arseniosiderite  $[\text{Ca}_2\text{Fe}_3(\text{AsO}_4)_3\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}]$ , distinguindo-se em DRX pela presença do pico a 9,9 Å na arseniosiderite.

Garavelli *et al.* (2009) reconhecem em composições químicas da yukonite, em MSE, uma variação significativa dos conteúdos de Ca, admitindo as proporções: 0,12 Ca; Fe 1,05; As 1,00 até valores praticamente sem Ca: 0,03 Ca; 1,01 Fe; 1,00 As, que poderão ser mais atinentes ao material em estudo, uma vez que o ambiente não é propriamente enriquecido em Ca, a ponto de mobilizar para esta neoformação um conteúdo alto. Segundo os mesmos Autores, nos casos de reduzido conteúdo de Ca na yukonite verifica-se uma aproximação ao perfil de difracção da scorodite. Os picos de difracção indicados na **Figura V.60A** assemelham-se com o padrão 51-1416 (ICDD, 2006): [d (intensidade relativa)]: 14,1 (100); 5,58 (37); 3,25 (57); 2,79 (60); 1,63 (20) (Nishikawa, *et al.*, 2006).

Ainda na mesma **Figura V.60A**, o pico assinalado como “K?” poderá corresponder a um outro arsenato de Fe hidratado, a kaatialaite, típico das fases neoformadas a partir de paragêneses primárias como as que se verificam neste local (**Tabela V. 28**). A kaatialaite  $[(\text{FeAs}_3\text{O}_9 \cdot 6\text{H}_2\text{O})]$  possui os picos diagnósticos [d (intensidade relativa)]: 10,59 (100); 8,92 (60); 11,45 (50) (Raade, *et al.* 1984).

Estas neoformações, fundamentalmente arsenatos de Fe amorfos, de natureza geliforme, muito friáveis e por isso de difícil amostragem, constituem modos de ocorrência típicos do ambiente de galeria muito influenciado pela percolação e disponibilidade hídrica constante.

Em Valente (2004) pode encontrar-se uma caracterização físico-química do efluente mineiro de uma das galerias na encosta Sudeste do EMA do Fulão, e ainda, considerações sobre escorrências superficiais esporádicas nas escombrelas em condições de elevada pluviosidade. Os indicadores usados foram: pH, CE,  $\text{SO}_4^{2-}$ , Fe, Mn, Cu, Zn e As. Atendendo à dimensão das escombrelas e ao desenvolvimento de neoformações mineralógicas estáveis, a Autora conclui que neste ambiente a geração de drenagem ácida é limitada, podendo verificar-se apenas no efluente da galeria.

Para análise das condições hidrogeoquímicas que presidem à neoformação mineralógica das ocorrências de scorodites de caracter persistente foram obtidas amostras de água no EMA do Fulão, na área correspondente à concessão de Lagoa (**Figura V.51**). Realizou-se amostragem de água de drenagem de um galeria de acesso ao piso 1 e piso intermédio abaixo (**FG** na **Figura V.52**), não sendo possível confirmar a existência de ocorrências de tipo espeleotema ocre.

Foram ainda amostradas escorrências superficiais em pontos de acumulação de água numa trincheira, com embebedimento do material de desmonte (**FT** na **Figura V.52**) **FV**) e a montante das escombrelas e das escavações.

A **Tabela V. 29** inclui os parâmetros físico-químicos, composição aniónica e a componente multielementar de amostras de água na influencia de mineralizações neoformadas, em trincheira (**FT**) e na entrada de uma galeria (**FG**). Para comparação, compilam-se as mesmas informações relativamente a escorrências não directamente afectas aos vestígios mineiros (**Tabela V. 30**). Os procedimentos e técnicas de análise encontram-se explicitados no **Capítulo II (Figura II.13)**. Os limites de detecção para cromatografia iónica e ICP/MS de alta resolução, estão discriminados nas **Tabelas II.5, II.6 e II.7 (Capítulo II)**.

**Tabela V. 29.** Dados físico-químicos e hidrogeoquímicos (ICP-MS) de águas de escorrência em **trincheira** (local FT) e **galeria** (local FG), EMA do **Fulão**. Parâmetros de medição expedita: pH, temperatura (T), potencial redox (Eh) e condutividade elétrica (CE); medição em condições laboratoriais: sólidos suspensos totais (SST), alcalinidade total (AlcTot) e acidez (Acid); composição aniônica: F, Cl, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Br, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>; componente multielementar (unidades em ppb), distribuição dos elementos por intervalos de ordens de grandeza (adaptado do Sistema Decádico de Fersman, in Rosler e Lange, 1972)

	pH	T (°C)	CE (µS/cm)	Eh (RmV)	SST (mg/L)	AlcTot (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Acid (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	F	Cl	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Br (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
FT	4,77	8,9	23,16	259,0	0,3	1,57	-	<0,01	3,400	0,300	<0,01	0,030	<0,03	4,40
FG	4,13	11,2	58,70	449,4	2,1	-	6,5	<0,01	5,400	0,200	<0,01	3,200	<0,03	28,00

HIDROGEOQUÍMICA MULTIELEMENTAR										
>100 000 ppb.	100 000 10 000	10 000 1 000	1 000 100	100 10	10 1	1,0 0,1	0,10 0,01	0,010 0,001	<0,001 ppb	
-	Al 84 436	Na 2 499	Mg 415,1 K 202,5 Ca 141,9	As 62,62 Fe 48,15 Mn 40,66	Zn 7,53 Se 3,36 Sr 2,13 Cu 1,81 Ba 1,66 Pb 1,35	Sb 0,914 Co 0,590 Cs 0,556 Ni 0,499 Li 0,350 Be 0,328 Y 0,320 Ce 0,286 U 0,205 Nd 0,126 Sc 0,125 Ti 0,113 La 0,111 Zr 0,111 Cr 0,109 Cd 0,104	V 0,047 Dy 0,047 Yb 0,041 Er 0,039 Th 0,031 Pr 0,031 Sm 0,028 Ag 0,018 Gd 0,011 Ho 0,011 W 0,010	Tl 0,0080 Tb 0,0080 Mo 0,0070 Eu 0,0070 Lu 0,0064 Tm 0,0062 Hf 0,0056 Br 0,0050 Ge 0,0050 Sn 0,0050 Bi 0,0043 Au 0,0036 Ga 0,0020 Te 0,0010	Nb 0,0009 In 0,0003 Ta 0,0003 Re 0,0001	
Σ	-	84 436	2 499	759,5	151,43	17,84	4,847	0,314	0,0741	0,0016

**Tabela V. 30.** Dados físico-químicos e de análise química (ICP-MS) de água de escorrência **sem influência dos materiais de escombreira** (local FV), EMA do **Fulão**. (Parâmetros e sua organização similares aos da Tabela V. 30)

	pH	T (°C)	CE (µS/cm)	Eh (RmV)	SST (mg/L)	AlcTot (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Acid (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	F	Cl	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Br (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
FV	4,93	9,3	38,4	270,7	0	1,29	-	0,03	6,80	0,10	<0,01	0,40	<0,03	1,70

HIDROGEOQUÍMICA MULTIELEMENTAR										
>100 000 ppb.	100.000 10.000	10.000 1.000	1.000 100	100 10	10 1	1 0,1	0,1 0,01	0,01 0,001	<0,001 ppb	
-	-	Na 4 934	Mg 612,0 Ca 346,7 K 302,6 Al 158,4	Mn 25,2 Fe 23,9 Cu 15,8 Zn 12,8	Sr 2,84 Ba 2,83 Se 1,50	Sb 0,882 Co 0,583 Ni 0,560 Li 0,522 As 0,423 Ce 0,287 Ti 0,273 Cr 0,254 Pb 0,210 Sn 0,161 Zr 0,129 Be 0,113 La 0,100	Nd 0,094 U 0,082 Cs 0,058 Th 0,054 Y 0,047 V 0,033 F 0,030 Cd 0,026 Pr 0,025 Sm 0,019 Mo 0,010	Gd 0,0092 Dy 0,0090 Er 0,0082 Tl 0,0072 Hf 0,0061 Yb 0,0055 Sc 0,0050 Br 0,0050 Eu 0,0035 Tb 0,0035 Te 0,0027 Ga 0,0022 Bi 0,0018 Ho 0,0016 Nb 0,0015 Au 0,0012 Lu 0,0010 Ag 0,0010	Tm 0,0008 W 0,0007 In 0,0006 Ge 0,0005 Ta 0,0003	
Σ	-	-	4 934	1419,7	77,7	7,17	4,497	0,478	0,0752	0,0029

Os ambientes a que se referem a duas tabelas são muito semelhantes no que respeita aos parâmetros físico-químicos. As escorrências da galeria apresentam um valor de pH ligeiramente mais baixo. Na componente aniônica os

conteúdos de Cl apresentam-se semelhantes em todas as amostras (3,4 - 6,8 mg/L). Varia de forma mais significativa o conteúdo de  $\text{SO}_4^{2-}$ , mais alto na drenagem da galeria (28 mg/L).

Entre os elementos maiores, o conteúdo de Al sobressai nas águas de escorrência afectadas pelos desmontes mineiros (84436ppb Al), enquanto as águas sem influencia directa manifestam muito menor conteúdo (158,4ppb Al), contrariamente ao que acontecia no EMA de Castelhão, onde as águas mais ricas em Al não estavam na influência da escombreira. Os conteúdos de Na, Mg e K têm valores relativamente similares nos dois ambientes.

Regista-se o conteúdo mais baixo de Ca nas águas associadas às neoformações (141,9 - 346,7ppb Ca).

O conteúdo de As na drenagem da galeria e nas escorrências ao longo dos desmontes (89,95 - 35,28ppbAs) é significativamente maior que no ambiente não afectado (0,42 ppb As). Os valores mais altos estão acima do máximo recomendável e admissível para águas de consumo, (10 - 50 ppb, DL nº 306/2007).

Os conteúdos de Cu e Zn apresentam-se mais altos em ambiente sem influência de desmontes mineiros, cerca de uma ordem de grandeza, relativamente às escorrências em escombreiras. No caso do Zn as observações apoiam a hipótese de gossanização (**Blanchard, 1968**) reconhecida em afloramentos expostos no EMA do Fulão. O Cu, por seu turno poderá encontrar-se fixado em neoformações e, portanto, indisponível no meio aquoso.

Conteúdos metálicos de substâncias-alvo como Au e principalmente W, são mais altos nas escorrências associadas aos materiais desmontados, relativamente ao ambiente mais afastado.

A alusão aos restantes elementos e verificação de algumas tendências será feita integrando o conjunto de dados (secção V.2.2.5.)

Tomam-se como termos de comparação neoformações scorodíticas reconhecidas em EMA com depósitos minerais e enquadramento estrutural similar ao que se atendeu na RMArga, nomeadamente Penedono, Adoria e Tibães. Nesses locais foram amostrados materiais que pudessem ampliar o espectro de consideração dos modos de ocorrência e composição da scorodite, bem como as suas implicações sobre o quimismo das águas de escorrência superficial.

#### V.2.2.2.3. EMA de Penedono – contexto mineiro e ambiente de formação supergénica

O EMA de Penedono integra duas áreas de concessões dedicadas à exploração de ouro (Santo António e Vieiros) (**Figura V.61**), nas freguesias da Granja e de Penela da Beira (Viseu). Estas concessões terão tido lavra activa desde o final da década de 1930 e a década de 1950. São muitos os vestígios mineiros reconhecidos no terreno, alguns dos quais sugerem períodos de exploração recuados. **Martins (2008)** refere-se a vestígios de extracção aurífera no período romano.

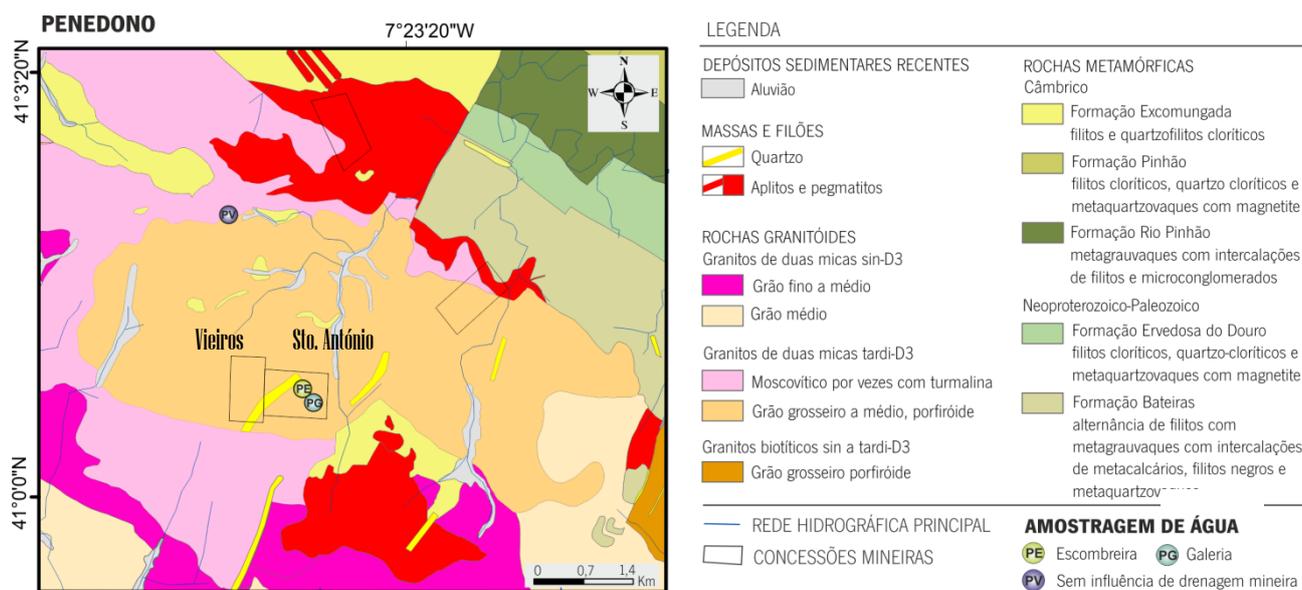


Figura V.61. Mapa de enquadramento geológico do EMa de Penedono, Carta Geológica - Folha 1, escala 1/200 000 (Pereira, 1989).

O depósito de Penedono estende-se por 15 km, segundo uma rede de filões quartzosos sub-verticais, com orientação geral NE-SW, espessura métrica a centimétrica e encaixe granítico - sin a tardi D3 Varisco (maciços de Tabuaço e Penedono), próximos dos metassedimentos Câmbricos (formação de Excomungada) (Figura V.61).

Os filões estão instalados segundo fendas de tracção *en echelon*. Sousa e Ramos (1991) referem que a instalação destes filões possa estar relacionada com as mega-estruturas Vigo-Régua e Vilarça, sendo estas responsáveis pelo controlo estrutural na intrusão dos magmas graníticos, que seriam promotores da circulação de fluidos hidrotermais profundos conduzindo à mineralização aurífera.

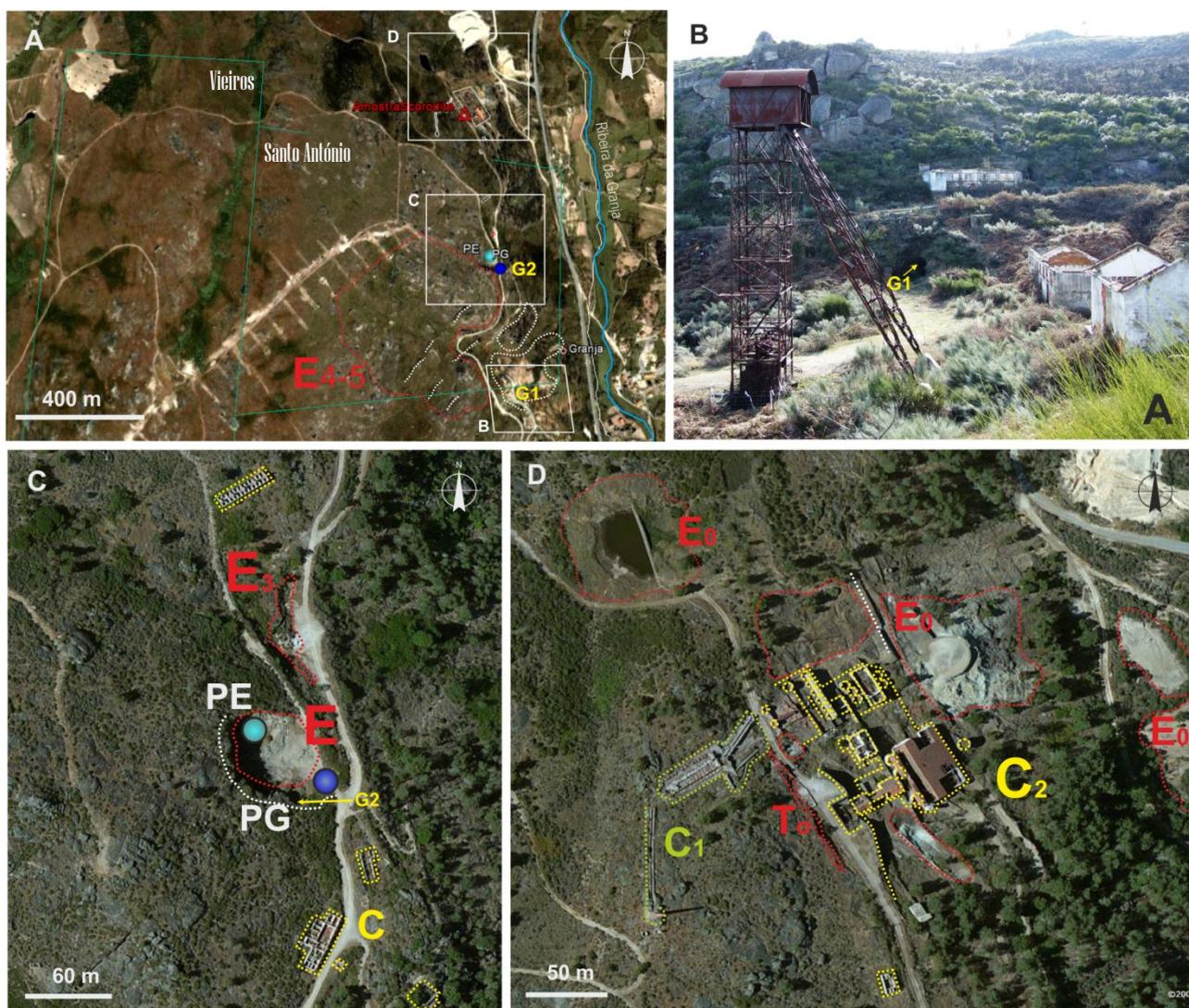
Pela análise paragenética de Sousa e Ramos (1991) são referidas as fases de mineralização: 1) pirrotite + arsenopirite + pirite + ouro; 2) arsenopirite + pirite + ouro + volframite; 3) arsenopirite + bismutinite + bismuto + galena + *electrum* + sulfossais e teluretos (a stolzite é também referida nesta fase); 4) arsenatos (destacadamente scorodite) + ouro nativo + hidróxidos de ferro + covelite. Esta última fase corresponde à alteração supergénica, em que a scorodite é descrita como mineral frequente, preenchendo fracturas dos restantes minerais. Esta pode ainda incorporar ouro nativo, na presença, ou não, da arsenopirite. Em MSE, Sousa e Ramos (1991) analisaram várias scorodites, verificando conteúdos de S, Bi, Pb (Cu e Hg) e ainda teores de Au superiores ao limite de detecção (>0,1%).

Actualmente, as antigas concessões são o núcleo de uma área atribuída a prospecção e pesquisa de ouro, com 104Km<sup>2</sup>, contígua a outras áreas atribuídas para tungsténio (Tabuaço e Moimenta da Beira) (DGEG, 2012).

Todavia, a área de Penedono tem vindo a ser alvo de acções de prospecção desde 1970, com vários concessionários, contando com muitos programas de amostragem e a aplicação de um grande número de técnicas, entre as quais: geofísica (polarização induzida - perfis de 7km, e electromagnética de muito baixa frequência - perfis de 53km), sondagem (≈ 7000m, em 69 furos); escavação (≈ 8000m em valas de superfície), amostragem de solos e afloramento para geoquímica de rocha total (numa área de 22Km<sup>2</sup>, malhas de 100/200m, ≈ 6000 amostras) (Castelo Branco, 2003).

Na **Figura V.62A** podem reconhecer-se dos trabalhos de prospecção (valas), na área de Santo António, que cortam transversalmente 3 corpos filonianos dos 13 que constituíam alvo de interesse (**Castelo Branco, 2003**)

Pelo volume de escombreiras de tratamento (**Figura V.62D**) calculam-se cerca de 100 mil toneladas de minério processado (**Castelo Branco, 2003**). O impacte ambiental associado à exploração foi muito elevado e perdurou durante o período de abandono. Vários estudos têm sido desenvolvidos sobre as componentes de apreciação do impacte ambiental: solos da envolvente mineira e recursos hídricos (**Matias *et al.*, 2003; Lobarinhas, 2011**); cobertura vegetal (**Abreu *et al.*, 2007**); estabilidade geotécnica de infra-estruturas e cortas e potencial de contaminação geoquímica de resíduos de tratamento e massas de empréstimo (**Roque, 2009**).

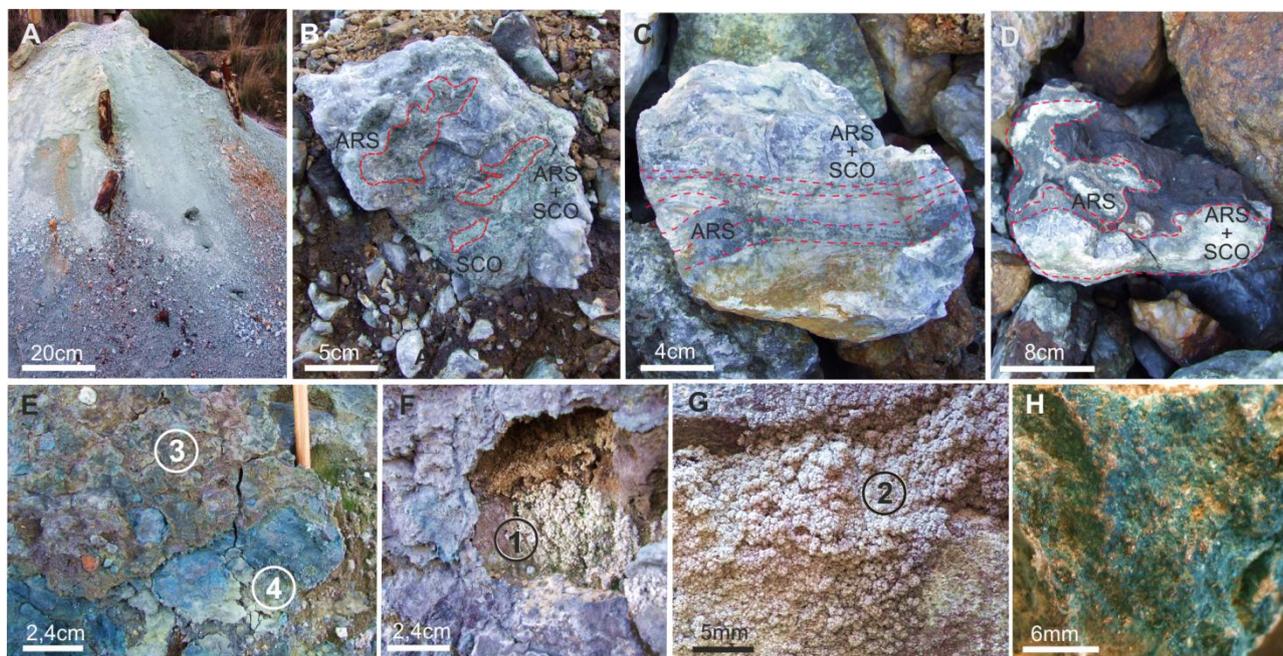


**Figura V.62.** Imagens do EMA de Penedono (41°00'43"N, 7°24'29"W). **A** - Imagem satélite captada a 15 de Abril, 2001 (Goolge Earth™ 7.0.3.8542, áreas de Veiros e Santo António, onde se reconhecem perfis de amostragem dos programas de prospecção; **E4-5** – contorno a vermelho; vestígios de escavações e instalações mineiras (algumas das quais possivelmente do período romano) – contorno a branco, entrada de duas galerias (**G1** e **G2**), indicação das imagens de maior pormenor **B,C** e **D**; **B** - Fotografia da área de acesso ao subsolo, com poço-mestre (cavalete relativamente conservado), galeria (**G1**); **C** - Imagem satélite captada em 2009 (© Microsoft Corporation) área de desmonte e escombreira, com material muito grosseiro, colmatado por material mais fino (**E**) (contorno vermelho), correspondente a uma corta mineira de desmonte a céu aberto (contorno branco) e galeria na extremidade Sul da corta (**G2**); edifícios de acolhimento e refeitório (**C**), locais de amostragem de água - escorrências na escombreira **E** (**PE**); drenagem de galeria (**PG**); **D** - Imagem satélite da área de tratamento mineralúrgico - instalações do primeiro período de exploração, em meados do séc. XX (**C1**); instalações de tratamento das ultimas concessões em lavra (**C2**); escombreiras de tratamento, associadas a efluentes aquosos (**E0**) talude com precipitações scorodíticas (**T0**).

O processamento mineral neste EMA distingue-se relativamente aos restantes EMA em estudo pela complexidade técnica e grande produção de resíduos de elevada cominuição. O processamento mineral incluía ciclos de britagem, moagem e pulverização, com intervalos de granulometria de 5–1cm–0,1mm e inferiores. Os processos de fragmentação eram realizados por via húmida que produziam polpas. Estas eram concentradas por flutuação com xantatos e sujeitas a calcinação e cianuração (Santos *cit por* Roque, 2009). As polpas estereis foram sendo acumuladas em escombrelas junto das instalações de tratamento e tanques de decantação (indicadas com E0 em Figura V.62D). Em Roque (2009) encontram-se uma caracterização dos resíduos de tratamento no que respeita aos conteúdos geoquímicos mais frequentes (Pb, Cu, Fe, As, Sr, Rb, Sb, Sn, Ag, Zn, Cd, Hg por Fluorescência de Raios-X). Ainda a Autora apresenta parâmetros físicos dos resíduos nas escombrelas, como: granulometria, consistência; teor em água; superfície específica e expansibilidade.

A colheita de amostras realizada no EMA de Penedono, com vista ao estudo de neoformações scorodíticas não abrangeu as escombrelas acima indicadas, antes se deu atenção às zonas de desmonte (extracção e/ou prospecção) com materiais dispersos. Concretamente na escombrela E4-5 (Figura V.62A) e na escombrela E (Figura V.62C), actualmente soterrada por implosão da corta, no decurso de obras de remediação ambiental (EDM, s/d).

As fotografias da Figura V.63 ilustram materiais típicos do EMA de Penedono, reconhecidos nos locais em que se realizou colheita de amostras de mão e água. Reconheceram-se ainda acumulados finos afastados da zona de tratamento propriamente dita, ilustrados na Figura V.63A (local E3 Figura V.62C). A sua composição mineralógica inclui quartzo, minerais de argila, scorodite e hidróxidos de Fe.



**Figura V.63.** Acumulações e tipos de resíduos de desmonte e de pré-tratamento no EMA de Penedono. **A** – acumulado de rejeitos finos, com recobrimento granular desagregável de scorodite muito fina (índices de Munsell 5G8/1- 5GY6/1); **B, C, D** – blocos de quartzo com sulfuretos em contacto com água de escorrência – (ARS) arsenopirite; (SCO) scorodite (5G6/1); **E** – crustificações scorodíticas com diferentes graus de compactidade e dureza e com grande variação cromática (5RP2/2 - 5RP6/2 - 5BG4/6 - 5PB7/2); **F, G** – eflorescências policromáticas (5RP e 5R8/2 - 5GY8/1 - N8) em cavidades sob crustificações compactas. **H** – fragmento de arsenopirite com recobrimento scorodítico fino (5BG4/6), destacado do tecto da galeria G1 (amostra cedida pela Eng.ª T.Valente).

A escombreira E continha blocos soltos e resíduos quartzosos grosseiros, parcialmente submersos por acumulações de água (Figura V.63B,C e D). Estes materiais apresentavam diferentes graus de alteração e texturas entre sulfuretos (fundamentalmente arsenopirite) e fases neoformadas. As texturas incluíam: núcleos de arsenopirite e orlas de alteração irregulares em matrizes quartzosas (Figura V.63B); bandas de alteração em sulfuretos, marcadas pelo nível de água (Figura V.63C); pátinas finas de oxidação superficial, revestindo sulfuretos (Figura V.63D).

Em zonas com acumulados de materiais de granulometria fina (To na Figura V.62D) foram reconhecidas misturas poliminerálicas e crustificações frágeis, de aspecto pulverulento, com acentuada variação cromática (Figura V.62E, F e G). Estes materiais foram seleccionados segundo as cores, para identificação por DRX (Figura V.64). Nos difractogramas foi possível distinguir minerais que integravam as crustificações propriamente ditas e eflorescências preservadas sob as crustas mais coerentes.

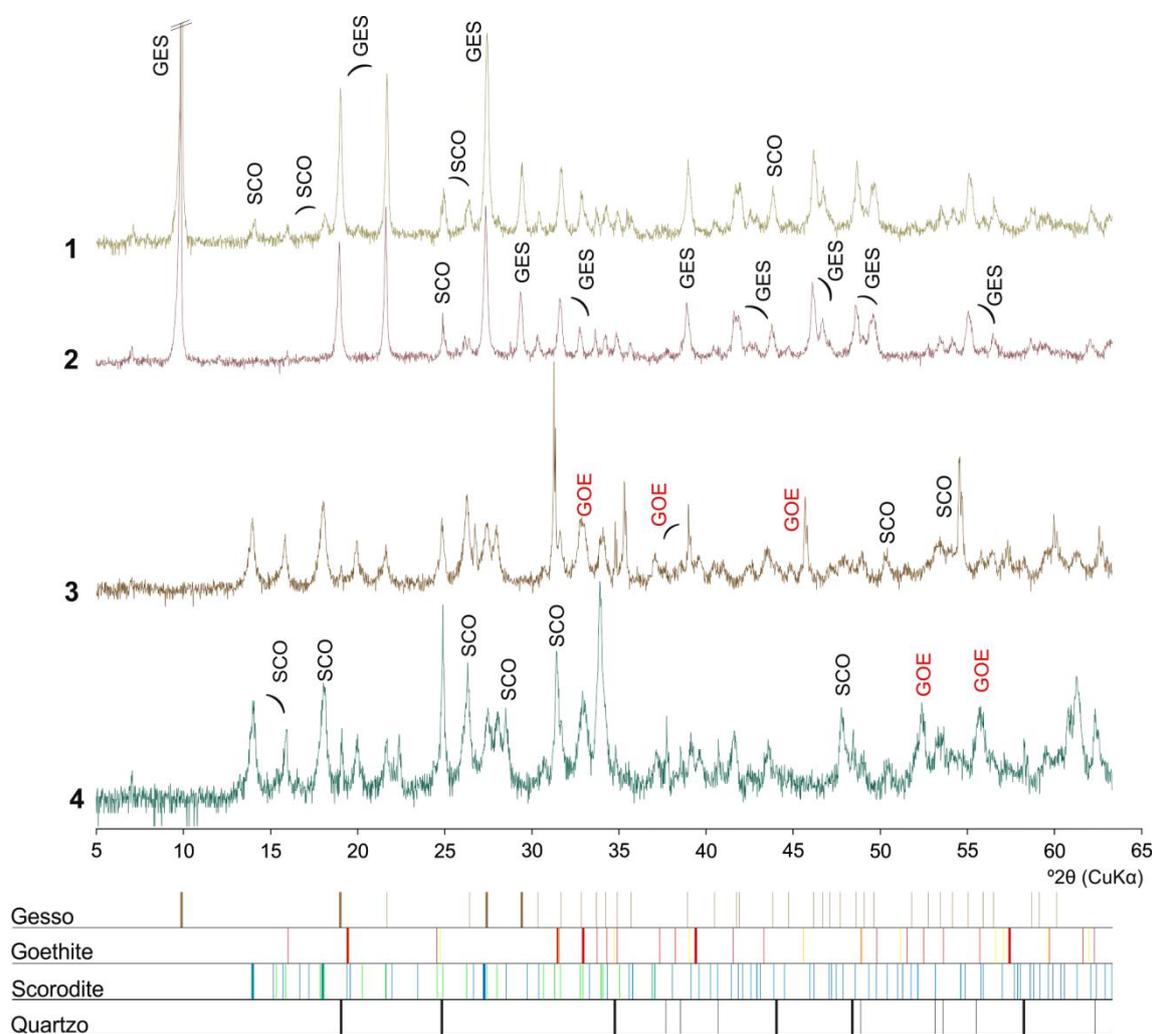


Figura V.64. Difractogramas de RX correspondentes à associação de minerais de cavidades distintas, com revestimento scorodítico ilustrados na Figura V.45 C e D (EMa de Castelhão). Fichas JCPDS: 06 - 0046 (gesso, GES); 29-0713 (goethite, GOE); 37-0468 e 26-0778 (scorodite, SCO); e 46-1045 (quartzo). Picos diagnósticos dos minerais da base de dados ICDD.

Os materiais 3 e 4, ilustrados na Figura V.62E, constituem verdadeiras crustificações scorodíticas; os difractogramas correspondentes (3 e 4 da Figura V.64) apresentam picos de difracção diagnósticos da scorodite e goethite, muito embora, os picos de maior intensidade pertençam ao padrão difractométrico do quartzo.

Crustas scorodíticas com tons azuis esverdeados, muito típicos no EMA de Penedono (5BG4/6 - 5PB7/2) parecem conter misturas minerais mais complexas, enquanto que as crustificações de tom vermelho purpura (25RP2/2 - 5RP6/2) incluem mais nitidamente os picos diagnósticos da scorodite e da goethite (sobressaindo esta última).

As eflorescências amostradas são típicas de fenómenos de salinização, preservadas da dissecação pelas crustificações compactas (**Figura V.62F**). Apresentam-se como agregados finos botrioidais de cor rosa acastanhada (5RP e 5R8/2) identificados como gesso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) nos difractogramas 1 e 2 (**Figura V.64**). Nas fases mais claras e translúcidas, com tons 5GY8/1 a N8, o material sujeito a DRX revelou picos diagnósticos da scorodite (1 da **Figura V.64**). A elevada friabilidade deste material dificulta operações de selecção e purificação de fases em LB.

O EMA de Penedono é atravessado pela Ribeira de Granja (afluente do Rio Torto, bacia do Rio Távora) (**Figura V.62A**). As zonas amostradas estão separadas deste curso de água por uma mancha vegetal relativamente densa. Converte nesta ribeira a drenagem da galeria G2, e bem assim, as escorrências superficiais sobre as diferentes zonas mineiras. As Ribeiras de Cama Trama, de Galegos e de Tabarelas, a jusante da de Granja são também susceptíveis de contaminação por drenagens de mina.

O relevo declivoso (30 - 40°) em que está inscrito o EMA de Penedono favorece a orientação da drenagem - desde a cumeada alta (cota 970 m), nas franjas da Serra da Laboreira (com afloramentos dos depósitos), até à Ribeira de Granja (cota 750 m), no sopé da área mineira. A zona de tratamento foi instalada nas cotas mais baixas, onde se encontram as escombrelas de resíduos processados das diferentes fases de beneficiação.

A amostragem de água realizada para este estudo localizou-se: **PE**) no interior da corta mineira (actualmente soterrada), com água acumulada embebendo os rejeitos de material grosseiro a muito grosseiro, visivelmente alterado (escombrela E na **Figura V.62C**); **PG**) na entrada da galeria G2, com drenagem contínua, na extremidades Sul da corta descrita (G2 na **Figura V.62C**).

A obtenção de escorrências superficiais não afectadas pelos materiais ou drenagens mineiras implicou a deslocação 2Km para SW (em Penela da Beira), fazendo-se a colheita de águas de escorrência superficial (**PV**).

A **Tabela V. 31** inclui os parâmetros físico-químicos, composição aniónica e a composição multielementar das amostras de água na influência de mineralizações neoformadas, da escombrela (**PE**) e da galeria (**PG**). Para comparação, apresentam-se os mesmos dados relativamente a escorrências sem influência dos vestígios mineiros (**Tabela V. 32**). Os procedimentos e técnicas de análise e limites de detecção encontram-se explicitados no **Capítulo II**.

As escorrências analisadas na influência do EMA de Penedono expressam características típicas de ambientes de drenagem ácida de mina, considerando-se entre os EMA em apreço o termo mais expressivo para aqueles parâmetros.

Os termos físico-químicos da drenagem ácida na escombrela E incluem pH a 2,81; CE a 498  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , conteúdos de 79mg/L de  $\text{SO}_4^{2-}$  e 1390ppb de Fe; a água de drenagem da galeria, cujo ponto de colheita dista aproximadamente 50m, apresenta, para os mesmos parâmetros valores muito distintos (pH a 4,01; CE a 99,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; 18 mg/L de  $\text{SO}_4^{2-}$ ; 86,4ppb de Fe). Por seu turno, as escorrências sem influência mineira correspondem genericamente ao fundo regional para aqueles parâmetros (pH a 6,59; CE a 49,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; 2,2 mg/L de  $\text{SO}_4^{2-}$ ; 32,8ppb de Fe).

**Tabela V. 31.** Dados físico-químicos e de análise química (ICP-MS) de água de escorrência em **escombeira** (local PE) e na entrada da **galeria G1** (local PG), EMA de **Penedono**. Parâmetros de medição expedita: pH, temperatura (T), potencial redox (Eh) e condutividade eléctrica (CE); medição em condições laboratoriais: sólidos suspensos totais (SST), alcalinidade total (AlcTot) e acidez (Acid); composição aniônica: F, Cl, NO<sub>2</sub>, Br, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>; componente multielementar, (unidades em ppb) - distribuição dos elementos por intervalos de ordens de grandeza (adaptado do Sistema Decádico de **Fersman**, in **Rosler e Lange**, 1972)

	pH	T (°C)	CE (µS/cm)	Eh (RmV)	SST (mg/L)	AlcTot (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Acid (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	F	Cl	NO <sub>2</sub>	Br (mg/L)	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
PE	2,86	7	497	498,8	18	-	68	0,040	2,600	<0,01	<0,01	0,100	<0,03	79,00
PG	4,01	6,6	99,6	444,4	0	-	9	0,050	3,200	<0,01	<0,01	3,100	<0,03	18,00

**HIDROGEOQUÍMICA MULTIELEMENTAR**

>100 000 ppb.	100.000 10.000	10.000 1.000	1.000 100	100 10	10 1	1 0,1	0,1 0,01	0,01 0,001	0,001 0,0001	<0,0001 ppb	
-	-	Na 3192 Ca 3003 Al 1015	As 881 Mg 845 Fe 738 K 512 Mn 160	Zn 74,1 Cu 51,7 U 16,5	Sr 8,01 Li 6,56 Se 2,48 Y 2,45 Be 2,39 Cs 1,95 Ce 1,79 W 1,29 Ba 1,24 Co 1,01	Nd 0,916 Pb 0,807 Cd 0,756 Ni 0,724 La 0,688 Dy 0,408 Sb 0,369 Sm 0,292 Pr 0,232 Cr 0,234 Er 0,194 Yb 0,162 Ge 0,119	Tb 0,080 Gd 0,077 Ga 0,073 Ho 0,071 V 0,063 Te 0,048 Ti 0,040 Eu 0,037 Ag 0,027 Tm 0,024 Mo 0,025 Zr 0,026 Lu 0,023 Th 0,020 Tl 0,018 Sc 0,011 Bi 0,011	Sn 0,0080 Hf 0,0053 Au 0,0031 In 0,0019	Ta 0,0007 Nb 0,0007 Re 0,0006	-	
Σ	-	-	7212	3137	142,26	29,17	5,901	0,674	0,0183	0,002	-

**Tabela V. 32.** Dados físico-químicos e de análise química (ICP-MS) de água de escorrência, **sem influência dos materiais de escombeira** (local PV), EMA de **Penedono**. (Parâmetros e sua organização similares aos da **Tabela V. 31**)

	pH	T (°C)	CE (µS/cm)	Eh (RmV)	SST (mg/L)	AlcTot (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Acid (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	F	Cl	NO <sub>2</sub>	Br (mg/L)	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
PV	6,59	7,3	49,5	302,5	2	8,11	-	0,010	4,100	0,200	<0,01	6,400	0,090	2,200

**HIDROGEOQUÍMICA MULTIELEMENTAR**

>100 000 ppb.	100.000 10.000	10.000 1.000	1.000 100	100 10	10 1	1 0,1	0,1 0,01	0,01 0,001	0,001 0,0001	<0,0001 ppb
-	-	Na 4843 Ca 1678 K 1534	Mg 824	Fe 32,8 Al 23,5 Sr 12,9 As 12,2	Ba 4,51 Zn 3,69 Mn 3,18 Se 2,88 Li 1,01	Cu 0,408 U 0,130 Ni 0,208 Cs 0,199 Sb 0,151 V 0,140 Ge 0,136 Y 0,124	Ti 0,071 Co 0,063 Ce 0,059 Pb 0,050 Cd 0,044 Cr 0,044 Mo 0,043 Be 0,040 Zr 0,041 Nd 0,030 La 0,023 W 0,012 Dy 0,016 Bi 0,014 Er 0,012 Yb 0,012	Th 0,0087 Sm 0,0080 Pr 0,0066 Tl 0,0057 Ag 0,0054 Sc 0,0050 Ho 0,0037 Sn 0,0030 Tb 0,0027 Gd 0,0024 Ga 0,0024 Lu 0,0018 Te 0,0017 Tm 0,0017 Hf 0,0015	Au 0,00058 Nb 0,00058 Re 0,00044 Ta 0,00025	In 0,00005
Σ	-	-	8055	824	81,4	15,32	1,496	0,524	0,0641	0,00005

Na componente aniônica, além do  $\text{SO}_4^{2-}$ , salienta-se o conteúdo alto de  $\text{NO}_3^-$  na escorrência colhida fora da influência mineira. Este conteúdo pode dever-se à presença de actividades agrícolas, eventualmente com emprego de fertilizantes à base de nitratos. Os conteúdos de Cl<sup>-</sup> são semelhantes em todas as amostras, mas ligeiramente mais altos nas águas fora do EMA (2,6 - 3,2 - 4,1mg/L).

Nos dois ambientes podem referir-se os elementos maiores: Na (2159 - 4843ppb), Ca (3003 - 1678ppb) e o Mg (3003 - 1678ppb), o Al encontra-se com alto conteúdo apenas nas águas afectadas pelos materiais mineiros (1015 - 23,5ppb Al). Destaca-se ainda o K, três vezes mais alto fora da influência mineira (1534 - 512ppb).

Os conteúdos de As na água de escombreira são os mais elevados entre as escorrências analisadas em EMA, (1647,6ppb As), cerca de 13 vezes superior ao conteúdo mais elevado seguinte (129ppb no EMA de Castelhão - escombreira). Contudo, também a drenagem da galeria (com 114,6ppb As) e a escorrência fora do EMA (12,2ppb As) constituem valores acima do máximo recomendável para águas de consumo (10ppb As); a escorrência fora da influência mineira está dentro do valor máximo admissível (50 ppb As, DL nº 306/2007).

Outros conteúdos metálicos no ambiente mineiro, elevados cerca de uma ordem de grandeza relativamente à escorrência fora da área mineira são o Mn, o Cu e o Zn. Pode ainda referir-se o conteúdo em U, duas ordens de grandeza acima nas águas de escombreira em ralação às águas sem influência mineira.

Na escorrência da escombreira, os conteúdos metálicos de Au são de 4,8 ppt, ligeiramente inferiores aos do EMA do Fulão (6,2 ppt Au). Destaca-se também o W, com conteúdo muito elevado na drenagem da galeria, com 2,55ppb, enquanto que, na água da escombreira é de 0,033ppb e na escorrência fora do EMA 0,012ppb.

A referência aos restantes elementos e verificação de tendências será feita integrando o conjunto de dados. (secção V.2.2.5).

#### V.2.2.2.4. EMA de Adoria – contexto mineiro e ambiente de formação supergénica

O EMA de Adoria (no concelho de Ribeira de Pena, distrito Vila Real) integra 16 áreas de concessão, que vieram a constituir um couto mineiro, discriminadas na **Tabela V. 33**. Pela cronologia apresentada na **Tabela V. 33** podem apenas destacar-se dois períodos de exploração – o início do séc. XX e a década de 1950 (**SIORMINP, s/d**) que deixaram muitos vestígios no actual EMA (**Figura V.66**). Já desde o início do séc. XX que era explorada essencialmente volframite e, de forma subsidiária, cassiterite e galena.

O depósito é constituído por filões quartzosos, instalados em estruturas de cisalhamento Variscos e fracturas tadiais tardias, associadas à instalação dos granitos de duas micas tardi-D3 (grão médio a grosseiro porfíroide e grão médio a grosseiro com esparsos cristais) (**Figura V.65**).

**Tabela V. 33.** Áreas de concessão que integram o EMA de Adoria (SIORMINP, s/d). Amostragem em escombreira e escorrências superficiais realizada em Monte de Entre-Portelas. Ruínas dos edifícios de tratamento - Adoria (Figura V.66C), Ruínas das casas de acolhimento e habitação dos trabalhadores - Fonte Seca (Figura V.66D). C50K - carta geológica de Portugal, 1:50000; C25K - carta topográfica do Exército, Série M888, 1:25000. Situação da concessão até 1990: revogada (R), abandonada (A), anulada (N).

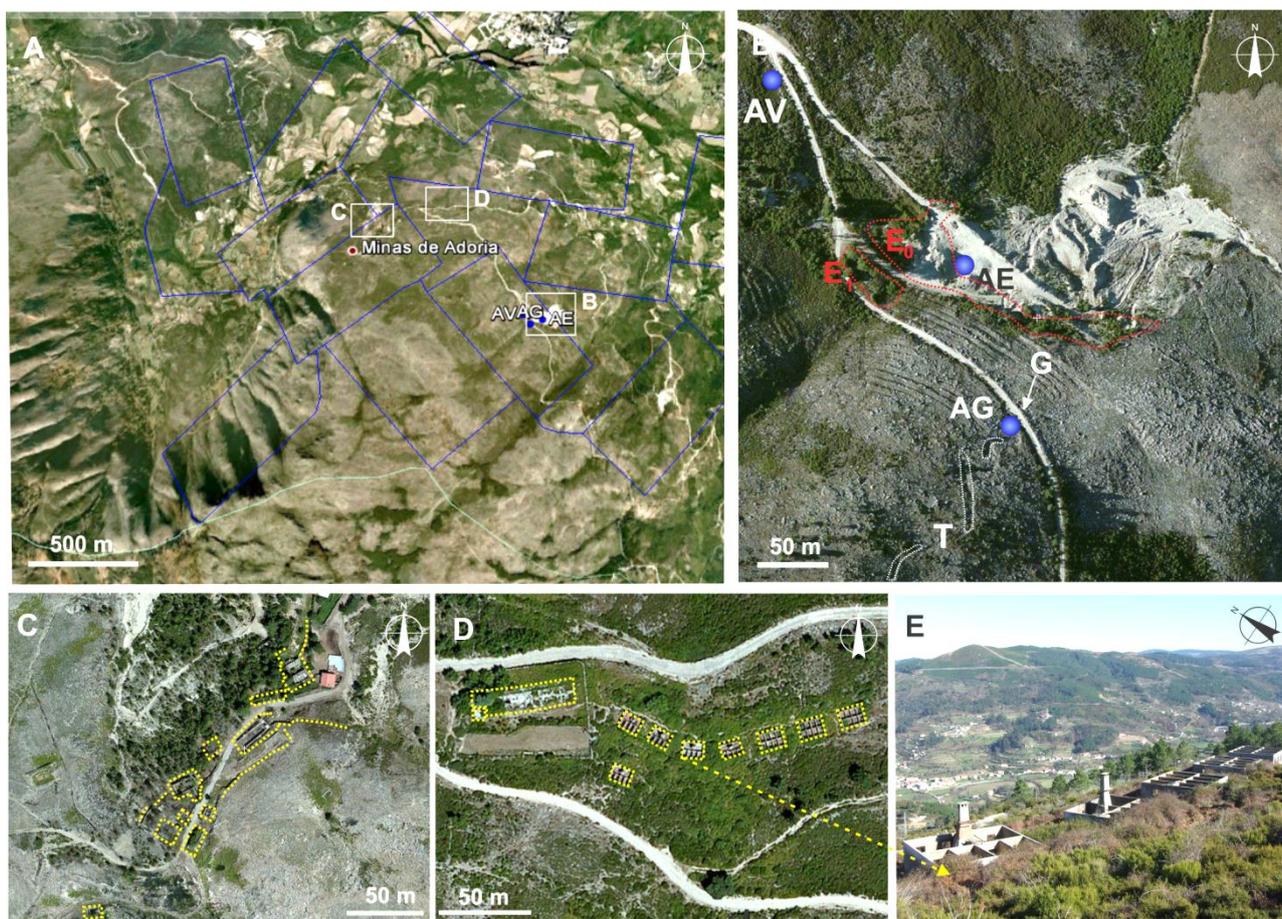
N.º	NOME DA CONCESSÃO	SUBSTÂNCIA	INICIO	FIM (Situação)	FREGUESIA	C50K	C25K
450	Adoria	W, Sn, Pb	1907	1991 R	Cerva	10A	87
451	Outeiro dos Gatos	W	1907	1991 R	Cerva	6C,6A	58,44
452	Monte de Entre-Portelas	W, Sn, Pb	1907	1991 R	Cerva	10A	87
453	Carqueijal	W	1907	1991 R	Cerva	10A	87
454	São João da Escoureda	W	1907	1987 A	Cerva	10A	87
461	Campos de Varegas	W	1908	1968 N	Limões	10A	87
464	Caminho do Quinchoso	W	1908	1968 N	Limões	10A	87
476	Monte de Entre Portelas n.º2	W	1909	1991 R	Cerva	10A	87
477	Fonte Seca	W	1909	1991 R	Cerva	10A	87
485	Monte dos Cochichos	W	1909	1991 R	Cerva	10A,6C	87,73
486	Costa dos Vales	W	1909	1991 R	Cerva	10A	87
489	Limites da Adoria	W	1909	1991 R	Cerva	10A,6C	87
490	Monte da Sobreira	W	1909	1991 R	Cerva	10A	87
510	Fonte do Junco	W	1910	1991 R	Cerva	10A	87
511	Rio Mau	W	1910	1991 R	Cerva	10A	87
566	Monte de Adoria	W	1913	1967 A	Cerva	10A	87
2838	Lomba do Viso	W	1953	1991 R	Limões	10A	87
2941	Cabeça do Homem n.º2	W	1953	1991 R	Limões	10A	87
2948	Escouva	W	1954	1991 R	Cerva	10A	87
3158	Alto das Olhadelas	W	1957	1967 A	Cerva	10A	87

Na área do EMA de Adoria, **Pereira (1989)** refere duas manchas de aplogranito, essencialmente moscovítico e aplitos intra-graníticos mineralizados pela cassiterite, que acomodam o depósito quartzoso principal. A morfologia do depósito corresponde a um *stockwork* associado à instalação ao granito da Sra. da Graça, ante D3, segundo o sistema de fracturas NNE-SSW e NE-SW e fendas de tracção N-S e W-E (**Pereira, 1989**). Tiveram ainda grande importância económica os filões de quartzo sub-horizontais, mineralizados pela volframite e sulfuretos (nomeadamente galena e arsenopirite) instalados no granito de Vila Real (**Pereira, 1998**).



**Figura V.65.** Mapa de enquadramento do EMA de Adoria, segundo a Carta Geológica - Folha 1, escala 1/200 000 (**Pereira, 1989**).

Do ponto de vista geomorfológico, destaca-se o encaixe do Rio Tâmega e seus afluentes, sobretudo do Rio Louredo (com extensão 30 Km e área de bacia de 190,2 Km<sup>2</sup>) e do Rio Poio (14 Km e 66,1 Km<sup>2</sup>) (INAG, s/d). Os cursos principais estão inscritos no maciço granítico e nos metassedimentos da Unidade de Vila Nune (Pereira, 1989), que incluem litologias com elevado contraste de competência (metagrés, metavulcanitos e quartzitos) (Figura V.65) expresso em vales com encaixe em V e encosta muito declivosas (>50°). As cotas mais altas correspondem às áreas mineiras de Fonte do Junco (900m) e Monte de Entre-Portelas (780m). Foi nesta última onde se amostraram materiais de escombreira e água de escorrências superficiais.



**Figura V.66.** Imagens do EMa de Adoria (41°26'07"N, 7°51'04"W). **A** - Imagem satélite captada a 30 de Out. 2006 Goolge Earth™ 7.0.3.8542,) vista geral do Couto de Adoria - planalto e vertentes graníticas abruptas a Oeste; **B** - Imagem satélite captada em 2009 (©Microsoft Corporation) área de intervenção extractiva recente sobre massas minerais apilito-pegmatíticas, indicação do perímetro da escombreira amostrada (**E1**), perímetro de escombreira antiga remobilizada e parcialmente soterrada com materiais quartzo-feldspáticos (**E0**), entrada de uma galeria (**G**), trincheiras e chaminés (**T**); drenagem da galeria (**AG**), escorrência superficial sobre materiais de escombreira (**AE**); escorrência superficial em local de cota acima das escombreiras (**AV**); **C** - área de tratamento mineral e metalúrgico - lavaria, equipamentos e anexos de apoio ao tratamento (polígonos amarelos) relativamente conservados, funcionalmente reconhecíveis; **D** - zona de alojamento de trabalhadores; **E** - Fotografia de algumas casas de alojamento, vista para a encosta Norte, além do Rio Tâmega.

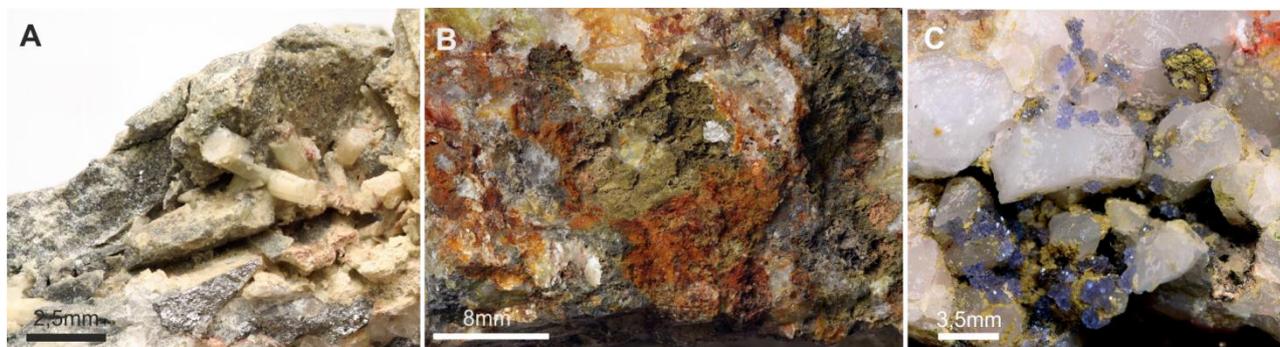
No que respeita às actividades mineiras Favas (2008) refere que a última exploração decorreu nos anos de 1970. Nesta altura, segundo o Autor, o processamento dos materiais na lavaria, incluía a redução a dois calibres 6 e 2mm, o maior sujeito a jigagem e o menor a hidroclassificação e pré-concentração em mesas, com nova fragmentação de finos para concentração em mesas de flutuação. Os lotes obtidos incluíam os sulfuretos flutuantes nas espumas, que eram processados para extracção de Pb e Zn, e os materiais sedimentados, mistos de volframite e scheelite + cassiterite, eram sujeitos a separação electromagnética. A área reservada ao tratamento mineral e metalúrgico era extensa, sendo

actualmente possível reconhecer alguns equipamentos em relativo estado de conservação (**Figura V.66C**). Além dos edifícios de tratamento podem ainda ser reconhecidos edifícios que se destinavam ao alojamento e acomodação de trabalhadores (**Figura V.66D**) que assinalam a importância do empreendimento mineiro de Adoria. São também reconhecidas várias escavações e pequenas escombrelas dispersas nas encostas.

Em **Valente (2004)** encontra-se uma caracterização de águas (na componente geoquímica e ecológica) numa escombrela de resíduos de tratamento (**Figura V.66C**, concessão de Fonte Seca). Para a mesma escombrela, **Favas (2008)** apresenta uma caracterização biogeoquímica, que incluiu análise de solos, águas superficiais, efluentes e plantas.

Recentemente, na vertente Este do maciço granítico, na área correspondente à concessão do Monte Entre Portelas, foram exploradas a céu aberto massas minerais de pequena dimensão, para a produção de agregados (**Figura V.66B**). Na sua proximidade podem reconhecer-se galerias e trincheiras (assinaladas com "G" e "T" na **Figura V.66B**), e escombrelas dispersas próximas das escavações, com material do tipo 1-4.

A amostragem de materiais de escombrela incidiu na área **E1 (Figura V.66B)**. As fotografias da **Figura V.67** correspondem a amostras sobre as quais incidiu a identificação mineralógica em LB. Entre as fases primárias podem reconhecer-se os sulfuretos: arsenopirite, pirite blenda e galena e ainda calcopirite. As fases neoformadas mais frequentes incluem a goethite, a scorodite e um grande número de neoformações de Pb (arsenatos, arseno-sulfatos, cloro-arsenatos e sulfatos) tais como a mimetite  $[Pb_2(AsO_4)_3Cl]$  (**Figura V.67A**), beudantite  $[PbFe_3(AsO_4)(SO_4)(OH)_6]$ , carminite  $[PbFe_2(AsO_4)_2(OH)_2]$  e segnitite  $[PbFe_3(AsO_4)_2(OH,H_2O)_6]$  (**Figura V.67B**) e ainda anglesite  $[PbSO_4]$ . Uma paragénese secundária similar é a do EMa do Fulão, reflectindo a presença de galena entre o cortejo primário, que em Adoria constituiu um mineral-alvo.



**Figura V.67.** Amostras de mão e pormenores de microcavidades. **A** - quartzo com sulfuretos e cristais bem desenvolvidos de mimetite; **B** - crustificações de carminite (10YR5/4), beudantite (10Y6/6) e strengite (10Y8/2) e scorodite (5GY3/2) sobre quartzo com sulfuretos muito alterados; **C** - agregados cristalinos de scorodite em roseta (5B8/2) (Fotos P.Alves)

Foram colhidas amostras de água nos seguintes locais: **AG**) entrada de galeria de base com resíduos grosseiros acumulados, piso de rolagem e escoamento de água, com escorrência contínua e caudal significativo, a entrada estava parcialmente colapsada com material de tecto e parede disperso, alguma da água de drenagem era conduzida em tubagens para uso exterior (indefinido); **AE**) zona de depressão e acumulação de águas superficiais próximo de uma frente de desmonte recente sobre aplito-pegmatitos, com materiais dispersos da escombrela antiga; **AV**) escorrências superficiais no sopé de uma encosta vegetada, afastada de escombrelas e infra-estruturas mineiras. Na **Tabela V. 34** apresentam-se os parâmetros físico-químicos, composição aniónica e a composição multielementar das amostras de água na influência

de materiais de escombreira (AE) e da galeria (AG). Para comparação, apresentam-se os mesmos dados relativamente a escorrências afastadas de vestígios mineiros (Tabela V. 35). Os procedimentos e técnicas de análise e limites de detecção encontram-se explicitados no Capítulo II.

**Tabela V. 34.** Dados físico-químicos e de análise química (ICP-MS) de água de escorrência na **escombreira Eo** (local **AE**) e na entrada de uma **galeria** (local **AG**), EMA de **Adoria**. Parâmetros de medição expedita: pH, temperatura (T), potencial redox (Eh) e condutividade eléctrica (CE); medição em condições laboratoriais: sólidos suspensos totais (SST), alcalinidade total (AlcTot) e acidez (Acid); composição aniônica: F, Cl, NO<sub>2</sub>, Br, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>; componente multielementar, (unidades em ppb), distribuição dos elementos por intervalos de ordens de grandeza (adaptado do Sistema Decádico de **Fersman**, in **Rosler e Lange**, 1972)

	pH	T (°C)	CE (µS/cm)	Eh (RmV)	SST (mg/L)	AlcTot (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Acid (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	F	Cl	NO <sub>2</sub>	Br (mg/L)	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
<b>AE</b>	5,85	12,2	13,34	264,8	0	1,91	-	0,020	2,200	0,200	<0,01	0,400	<0,03	1,200
<b>AG</b>	6,16	11,6	17,16	291,1	0	2,35	-	0,010	2,200	0,100	<0,01	1,900	<0,03	0,700

**HIDROGEOQUÍMICA MULTIELEMENTAR**

>100 000 ppb.	100.000 10.000	10.000 1.000	1.000 100	100 10	10 1	1 0,1	0,1 0,01	0,01 0,001	0,001 0,0001	<0,0001 ppb	
-	-	<b>Na</b> 1953,1	<b>Ca</b> 367,7	<b>Al</b> 63,72	<b>Mn</b> 4,98	<b>Pb</b> 0,772	<b>Y</b> 0,086	<b>Dy</b> 0,0094	<b>Tm</b> 0,0008	<b>Nb</b> 0,00006	
			<b>Mg</b> 156,6	<b>Zn</b> 41,27	<b>As</b> 4,05	<b>Cd</b> 0,688	<b>Be</b> 0,079	<b>Tl</b> 0,0088	<b>Lu</b> 0,0008	<b>Au</b> 0,00005	
			<b>K</b> 175,9	<b>Cu</b> 16,32	<b>Fe</b> 3,95	<b>Sb</b> 0,639	<b>Cr</b> 0,063	<b>Sn</b> 0,0079	<b>Hf</b> 0,0004		
					<b>Sr</b> 1,75	<b>Ba</b> 0,597	<b>Ge</b> 0,061	<b>Sm</b> 0,0065	<b>Ta</b> 0,0003		
					<b>Se</b> 1,50	<b>Ti</b> 0,177	<b>Ce</b> 0,053	<b>Er</b> 0,0059	<b>Re</b> 0,0001		
						<b>Li</b> 0,177	<b>Cs</b> 0,050	<b>Zr</b> 0,0059	<b>In</b> 0,0001		
						<b>U</b> 0,170	<b>V</b> 0,020	<b>Pr</b> 0,0052			
						<b>Ni</b> 0,115	<b>Ag</b> 0,028	<b>Yb</b> 0,0050			
						<b>Co</b> 0,113	<b>La</b> 0,027	<b>Sc</b> 0,0050			
						<b>W</b> 0,106	<b>Nd</b> 0,022	<b>Bi</b> 0,0032			
							<b>Mo</b> 0,014	<b>Zr</b> 0,0020			
							<b>Th</b> 0,010	<b>Gd</b> 0,0019			
								<b>Tb</b> 0,0018			
								<b>Ga</b> 0,0018			
								<b>Te</b> 0,0012			
								<b>Eu</b> 0,0011			
<b>Σ</b>	-	-	1953,1	700,2	121,31	16,23	3,554	0,513	0,0726	0,0025	0,00011

**Tabela V. 35.** Dados físico-químicos e de análise química (ICP-MS) de águas de escorrência, **sem influência dos materiais de escombreira**, EMA de **Adoria**. (Parâmetros e sua organização similares aos da Tabela V.26)

	pH	T (°C)	CE (µS/cm)	Eh (RmV)	SST (mg/L)	AlcTot (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Acid (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	F	Cl	NO <sub>2</sub>	Br (mg/L)	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
<b>AV</b>	5,3	11,5	18,06	355,4	4	2,75	-	<0,01	2,300	0,200	<0,01	1,100	<0,03	0,100

**HIDROGEOQUÍMICA MULTIELEMENTAR**

>100 000 ppb.	100.000 10.000	10.000 1.000	1.000 100	100 10	10 1	1 0,1	0,1 0,01	0,01 0,001	0,001 0,0001	<0,0001 ppb	
-	-	<b>Na</b> 2190,2	<b>Al</b> 344,8	-	<b>Fe</b> 8,09	<b>Sb</b> 0,923	<b>Ti</b> 0,095	<b>V</b> 0,0095	<b>Ga</b> 0,0009	<b>Au</b> 0,00006	
			<b>Ca</b> 234,8		<b>Mn</b> 6,40	<b>Be</b> 0,608	<b>Pb</b> 0,091	<b>Ho</b> 0,0092	<b>Te</b> 0,0005	<b>Nb</b> 0,00005	
			<b>K</b> 210,3		<b>Zn</b> 5,58	<b>As</b> 0,427	<b>Nd</b> 0,089	<b>Tl</b> 0,0088	<b>Ta</b> 0,0003	<b>In</b> 0,00005	
			<b>Mg</b> 121,1		<b>Se</b> 1,50	<b>Cu</b> 0,402	<b>La</b> 0,080	<b>Tb</b> 0,0083	<b>Re</b> 0,0001		
					<b>Ba</b> 1,42	<b>Y</b> 0,404	<b>Dy</b> 0,045	<b>Gd</b> 0,0083			
					<b>Sr</b> 1,13	<b>Li</b> 0,380	<b>Cr</b> 0,042	<b>Zr</b> 0,0063			
						<b>U</b> 0,305	<b>Cs</b> 0,040	<b>Sc</b> 0,0050			
						<b>Ce</b> 0,197	<b>Cd</b> 0,026	<b>Bi</b> 0,0046			
						<b>Co</b> 0,125	<b>Er</b> 0,026	<b>Eu</b> 0,0039			
						<b>Ni</b> 0,122	<b>Sm</b> 0,026	<b>Ag</b> 0,0030			
							<b>Pr</b> 0,022	<b>Sn</b> 0,0030			
							<b>Yb</b> 0,020	<b>Tm</b> 0,0032			
							<b>Ge</b> 0,020	<b>Lu</b> 0,0029			
							<b>Mo</b> 0,012	<b>W</b> 0,0026			
								<b>Th</b> 0,0014			
								<b>Hf</b> 0,0010			
<b>Σ</b>	-	-	2190,2	911		24,12	3,893	0,634	0,081	0,0018	0,00016

Os ambientes de escorrência, do ponto de vista físico-químico, são muito similares. A drenagem da galeria tem valores de maior alcalinidade. Os elementos maiores, com conteúdos elevados em todas as escorrências, são: Na, Ca, Mg e K; o conteúdo em Al é mais alto fora da influência dos materiais mineiros (344,8-63,72ppb Al), tal como em Castelhão..

Os conteúdos de Zn são elevados nas águas da escombreira e da galeria (54 – 28,5ppb Zn), comparativamente às águas sem influência (5,6ppb Zn), o Cu tem maior conteúdo nas águas da galeria e menor na escombreira (21 – 11,6ppbCu) e mais baixos nas escorrências sem influencia (0,4ppbCu).O Pb tem a mesma distribuição em conteúdos mais baixos (0,8 – 0,7 - 0,09 ppb Pb).

Contrariamente, os conteúdos de Fe nas águas sem influência directa dos materiais mineiros são ligeiramente elevados (8,1 ppb Fe) que os das águas afectadas pela escombreira e galeria (5,3 – 2,6 ppb Fe). Neste EMa o Fe apresenta mais baixa concentração nas águas de escorrência, relativamente às restantes escorrências nos EMa em apreço. O mesmo sucede com os conteúdos de Mn, mais altos fora da influência directa das escombreiras e galeria (6,4 – 5,6 e 4,4 ppb Mn).

Na drenagem da galeria o conteúdo de As é mais elevado (7,19 ppb As) que nas restantes escorrências (0,92 – 0,43 ppb As), conteúdos abaixo do máximo recomendável e admissível para águas de consumo (DL nº 306/2007).

Proporcionalmente os conteúdos de W na drenagem da galeria apresentam-se também muito mais altos (204 ppt W) que nas escorrências superficiais na escombreira. Podem referir-se os conteúdos de Ag mais altos na galeria (54 ppt Ag) e, de resto, os mais elevados de entre as escorrências analisadas nos vários EMa.

A referência aos restantes elementos e verificação de algumas tendências será feita integrando o conjunto de dados obtidos em cada EMa (secção V.2.2.5).

#### V.2.2.2.5. EMa de Tibães – contexto mineiro e ambiente de formação supergénica

O EMa de Tibães situa-se na proximidade da cidade de Braga, dentro do perímetro urbano e contactando a Sul com o Mosteiro de Mire de Tibães. Integra duas áreas de concessão, Tibães e São Gens (**Figura V.52**), com exploração de volframite entre as décadas de 40 e 50 do séc. XX.

O depósito explorado era composto por um enxame de filões de quartzo com encaixante granítico de grão médio de duas micas e metassedimentos da UMC (Pereira, 1989) (**Figura V.52**). Segundo as informações presentes no plano de lavra (**Dossiers 2314, PL, 1941 e Dossier 2291, PL, 1943**), os corpos filonianos seriam paralelos entre si - N10°W - e paralelos à mega-estrutura Vigo-Régua. O depósito incluía ainda outros filões, com atitude N40 - 52°E, que cortavam os anteriores, correspondentes a espaços dilatacionais *en echelon*, compatíveis com o funcionamento da estrutura Vigo Régua, e acomodando a concentração metálica tardia.

O EMa de Tibães fica numa elevação granítica, a cota mais alta (250m) corresponde à zona em que as duas concessões contactam (**Figura V.69B**).

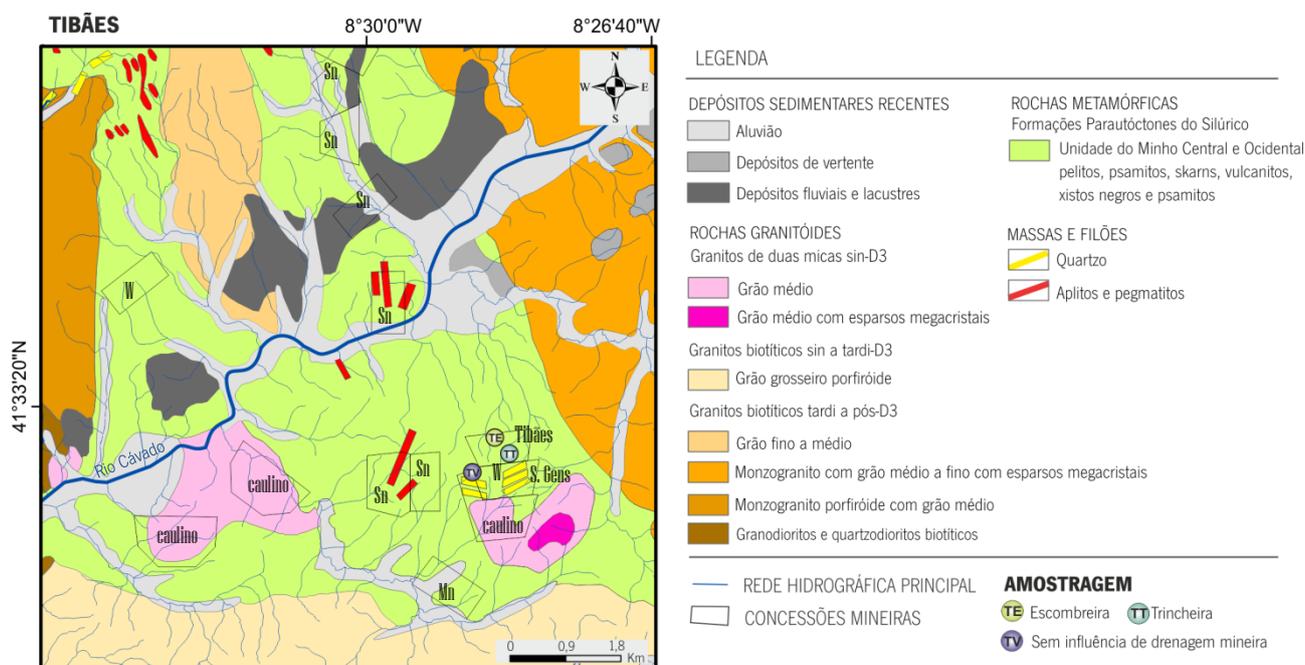


Figura V.68. Mapa de enquadramento do EMA de Tibães, segundo a Carta Geológica - Folha 1, escala 1/200 000, (Pereira, 1989).

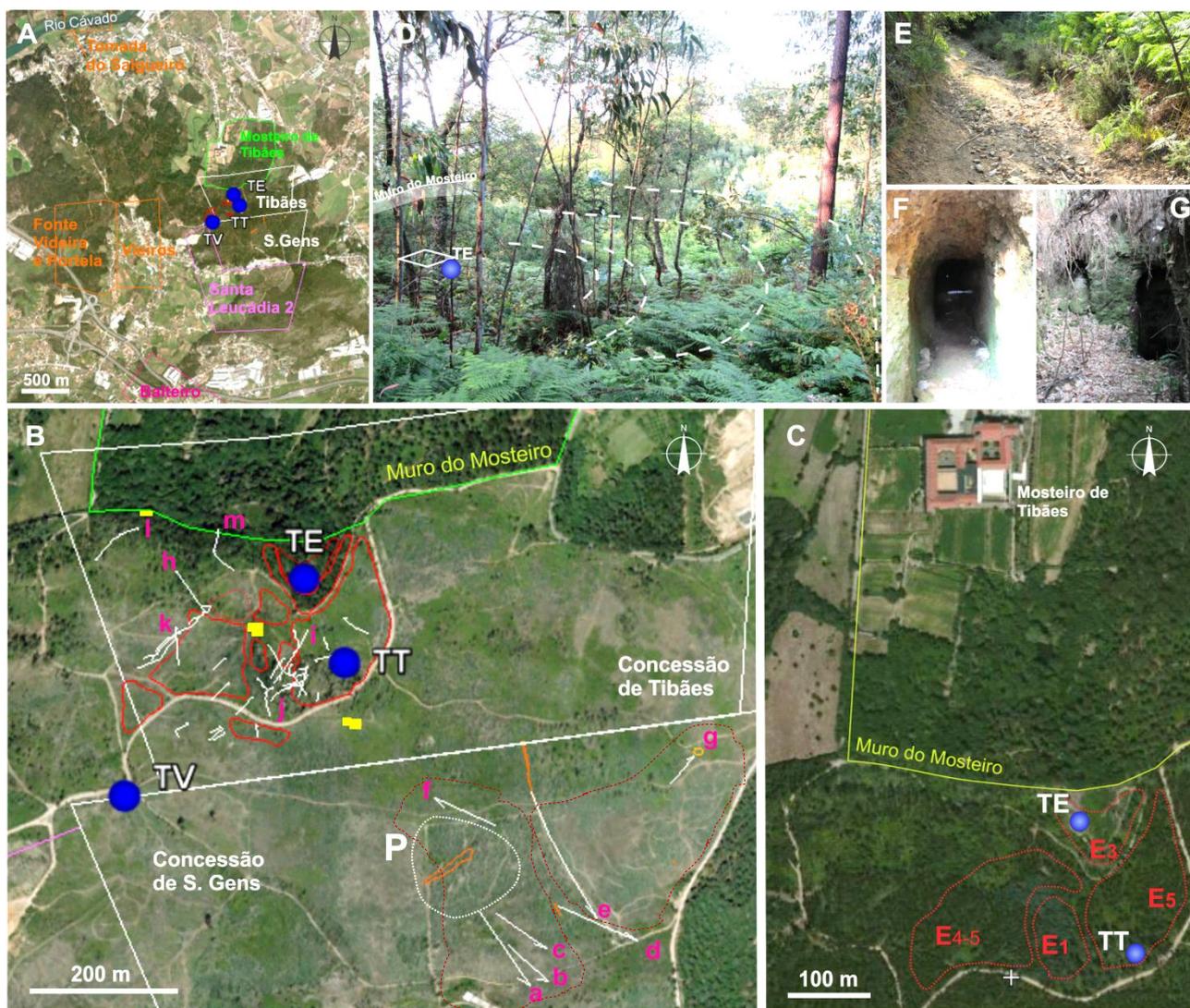
Na envolvente a Sul existiu uma exploração de caulino (Santa Leucádia) e uma exploração de manganês (Balteiro). A Oeste localizavam-se as minas de Vieiros e Fonte Videira e Portela que exploraram cassiterite em aplito-pegmatitos (Figura V.69A)

As concessões de Sn, que se situam a N do Rio Cávado, estão dispostas segundo o alinhamento Vigo-Régua. No extremo N destas minas, na região de Marrancos, os depósitos filonianos aí explorados, com atitude média N 35°E, intersectam a mega-estrutura (em que se inclui a concessão de As, Au e Ag de Cova dos Mouros).

Os vestígios reconhecidos no terreno das antigas escavações, foram confrontados com a cartografia presente nos dossiers mineiros das duas concessões (*Dossiers 2314 e 2291*). Os mapas de demarcação (dos Planos de Lavra) e avanço dos trabalhos de desmonte (Relatórios de Trabalhos Realizados e Autos de Visita), permitiram discriminar poços de extracção e galerias travessas (indicadas na Figura IV.1B). Muitas encontram-se actualmente cobertas e obstruídas pela vegetação e algumas parcialmente soterradas por acções de ripagem e reflorestação.

Na área correspondente à mina de Tibães foi maior o desenvolvimento dos trabalhos mineiros, segundo 3 pisos, com galerias (> 200m) (*Dossiers 2314, PL, 1941*) e vários poços interiores e de acesso. Na área de S. Gens pode reconhecer-se uma zona com poços (área "P" na Figura IV.2B), com profundidades até 55m (*Dossier 2291, PL, 1943*).

Junto do muro do Mosteiro (Figura IV.3B, C) distinguem-se ainda as designadas "minas de água", que diferem das galerias de extracção mineira pela dimensão e materiais cortados. Estas escavações estariam associadas à organização e exploração de recursos hídricos, possivelmente centenária, do próprio Mosteiro de Tibães. Neto (2007) apresenta um estudo geológico e geomecânico de uma destas "minas de água", designada "mina das Aveleiras" (assinalada com "m" na Figura V.69B). O Autor refere que nesta galeria poderá ter ocorrido também exploração de volframite, no período de lavra atribuído à concessão mineira "Tibães".



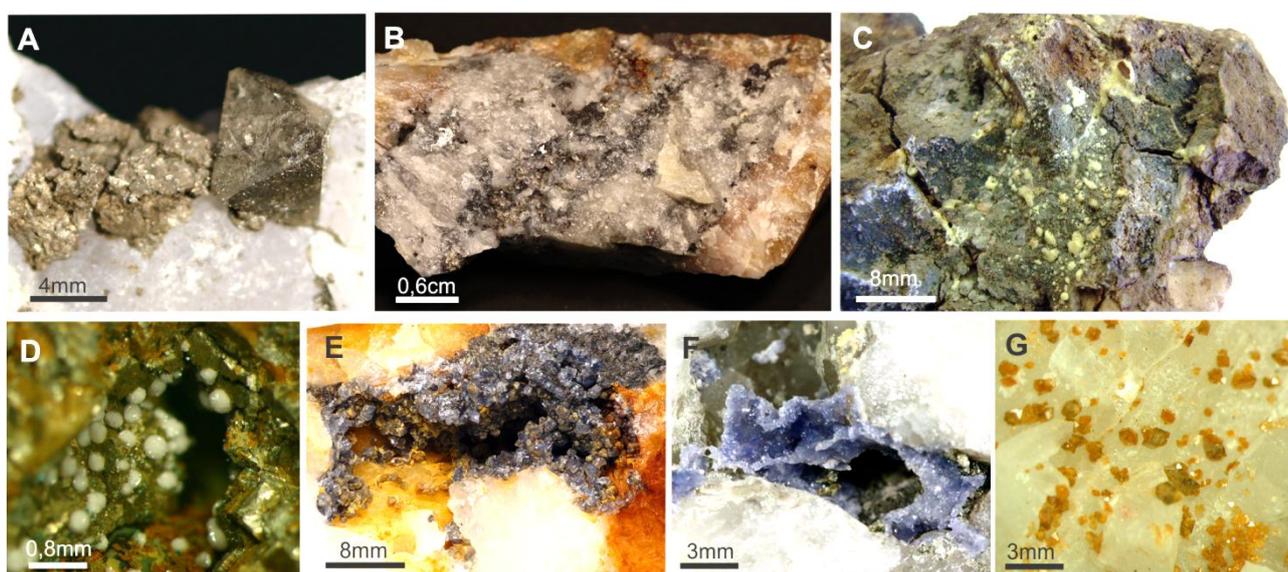
**Figura V.69.** Imagens do EMA de Tibães (41°31'33"N, 8°25'34"W). **A** - Imagem satélite captada a 18 de Jun. 2010 (Goolge Earth™ 7.0.3.8542), localização das 2 concessões que integram o EMA (Tibães e São Gens) e restantes concessões na proximidade: exploração de caulino (Santa Leucádia n.º2); explorações de Sn (a Norte e sobre o Rio Cávado, Tomada de Salgueiro; a Oeste, Vieiros e Fonte Videira); exploração de Mn (Balteiro); a Sul área urbana de Braga; a Norte área urbana de Mire de Tibães e Mosteiro; **B** - Imagem satélite captada a 26 de Jun. 2007, vestígios de exploração: áreas de escombreira dispersa (contorno vermelho); área com muitos poços, de profundidade variável (contorno branco - P); edifícios de apoio à lavra, em ruína (polígonos amarelos); escavações antigas perceptíveis no terreno, galerias discriminadas a partir do acervo documental das concessões (**Dossier 2314, PL, 1941** e **Dossier 2291, PL, 1943**), Galerias da concessão de S. Gens: “São Martinho” (a); “São José” (b); “São Bento” (c); “Santo António” (d), “São Gens” (e), “Beiça” (f) e “Esperança” (g); Galerias da concessão de Tibães: “Pereira Bessa” (h), “Carvalho Araújo” (i), “Silvano da Rasa” (j), “Raul Castro” (k), “Gomes da Costa” (l); “mina de água das Aveleiras” (m) (descrita em **Neto, 2007**); **C** - Imagem satélite captada em 2009 (©Microsoft Corporation), áreas de escombreira, discriminadas segundo o tipo de materiais predominantes (E1, E3, E4-5, E5); locais de amostragem de água: **TT** - trincheira com material desmontado solto; **TE** - escombreira com material muito fino e cimentado; **TV** - local de cota mais alta, afastados das escombreiras; **D** - Área de escombreira E3, junto do muro do Mosteiro, onde existe um tanque e alguns edifícios de apoio à lavra, actualmente cobertos por vegetação densa, o traçado ilustra o declive em semicírculo convergindo para a zona de escombreira com materiais mais finos e alterados; **E** - antigo caminho mineiro onde desembocam entradas de galeria e poços, com material de desmonte e primeira escolha; **F** - entrada Norte-Sul das galerias “Carvalho Araújo”; **G** - Poço inclinado e poço vertical com possível ligação subterrânea às galerias “Carvalho Araújo” ou “Silvano da Rasa”

Nas plantas das escavações apresentadas pela concessionária de Tibães (**Dossier 2314, PL adicional, 1943**) não foi implantado o traçado correspondente ao que é descrito por **Neto (2007)**, muito embora, possa ter sido propositadamente omitido ou desenvolvido *a posteriori*.

Ambas as concessionárias mineiras – de Tibães e de São Gens – apresentaram planos para uma lavaria, com diagramas similares às do EMA do Fulão. O material era processado nos calibres 9 – 4 – 2mm, a concentração era hidrogravítica em caleiras. Na área de Tibães, os edifícios mineiros reconhecidos (em ruína avançada), podem eventualmente ter sido usados no tratamento, posicionando-se no centro de escombrelas (**Figura V.69B**).

Na proximidade das escavações, as escombrelas incluíam blocos de quartzo mineralizado por sulfuretos (pirite, blenda, arsenopirite) e volframite e um grande espectro de associações minerais neoformadas. A amostragem abrangeu as áreas de escombrela **E1, E3 e E4-5** (**Figura V.69C**).

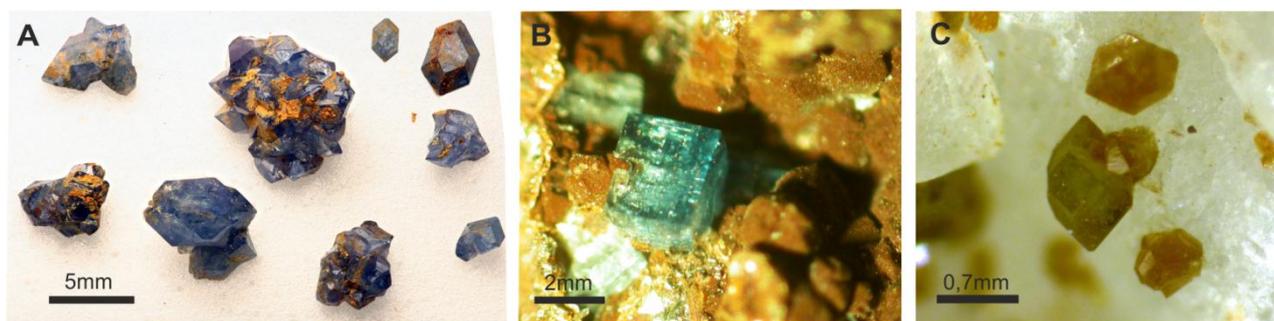
As fotografias da **Figura V.70** correspondem a amostras típicas sobre as quais incidiu a identificação mineralógica em LB e DRX.



**Figura V.70.** Diversidade paragenética reconhecível nas escombrelas do EMA de Tibães. **A** - pirite euédrica em micro-cavidade; **B** - quartzo com blenda, arsenopirite e volframite, textura *crack seal*; **C** - enxofre sobre arsenopirite (material com marcas de incêndio); **D** - micro-cavidade em pirite revestida por agregados botrioidais de strengite e cristaltos de scorodite (5B7/1); **E** - agregados milimétricos de scorodite (5B5/6) em cavidade de quartzo com sulfureto; **F** - agregados sub-milimétricos de scorodite (5B7/2) em cavidade de quartzo (sulfureto praticamente inexistente); **G** - cristais automórficos de scorodite (5Y7/6) e farmacossiderite (5YG7/6). (Fotos A, E, F de P.Alves)

Entre as fases neoformadas destaca-se a scorodite, cujos modos de ocorrência e variação cromática é grande. Podem referir-se termos cristalinos isolados, com tamanhos distintos até meio centímetro, expressando uma cor azul bastante intensa (5B5/6) (**Figura V.71A**) reforçada pela associação da goethite que os recobre ou nucleia.

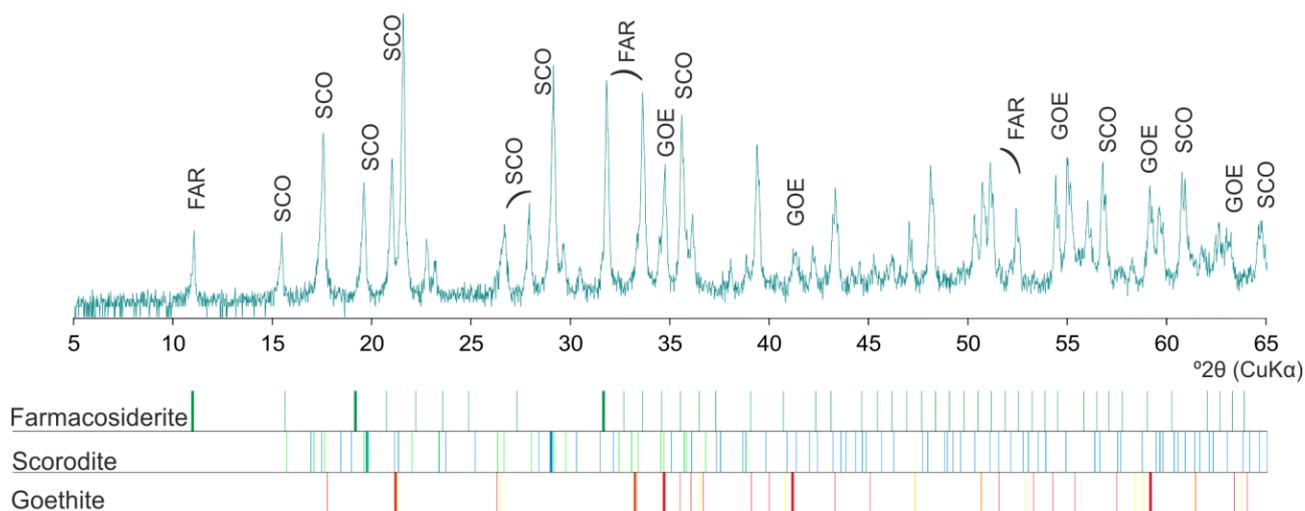
Os agregados ilustrados na **Figura V.70 E e F** apresentam variação cromática, 5B5/6 e 5B7/2 (mesmo tom e diferente luminosidade e saturação), com maior desenvolvimento cristalino (>mm). Quando em contacto com sulfuretos as crustificações scorodíticas possuem cores com menos luminosidade e mais alta saturação.



**Figura V.71.** Cristais automórficos neoformados. **A** - Cristais flutuantes de scorodite e agregados centimétricos (5B5/6), com leve impregnação de goethite, obtidos numa cavidades de quartzo com sulfuretos; **B** - cristais cúbicos de farmacosiderite (5BG7/6) em cavidade de microcavidade de quartzo recoberta por goethite; **C** - Cristais de scorodite (5Y7/6) com zonamento em fratura.

Surgem ainda cavidades com scorodite intercrescida com a farmacosiderite  $[KFe_4(AsO_4)_3(OH)_4 \cdot 6-7H_2O]$  e cavidades de quartzo com cristais sub-milimétricos euédricos, apresentando zonalidade e uma cor nos tons amarelos (5Y7/6) (**Figura V.71C**).

A farmacosiderite está bem representada no EMA de Tibães, sob a forma de cristais automórficos (**Figura V.71B**) em *boxwork* ou em preenchimentos maciços de fracturas ou cavidades acima referidas, frequentemente em associação com scorodite e goethite, como se ilustra no difractograma da **Figura V.72**.

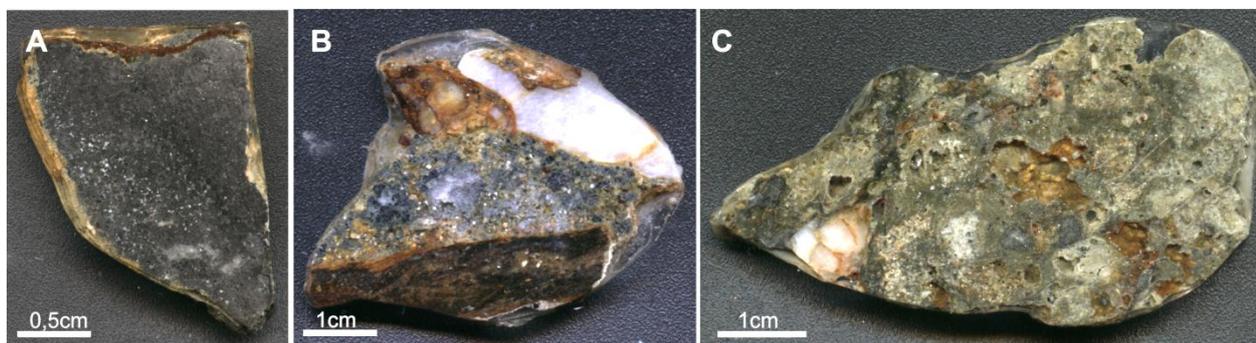


**Figura V.72.** Difractograma de RX correspondente a uma crustificação cristalina de scorodite + farmacosiderite + goethite. Fichas JCPDS: 29-0713 (goethite); 37-0468 e 26-0778 (scorodite); 34-0155 (farmacosiderite). Picos diagnósticos dos minerais da base de dados ICDD.

Em crustificações mais cristalinas reconheceram-se outras neoformações menos frequentes como os fosfatos a strengite  $[FePO_4 \cdot 2H_2O]$  (termo fosfático da série strengite – scorodite), a dufrenite  $[Ca_{0.5}Fe^{2+}Fe^{3+}_5(PO_4)_4(OH)_6 \cdot 2H_2O]$  e a cacoxenite  $[Fe^{3+}_{27}Al(PO_4)_{17}O_6(OH)_{12} \cdot 17H_2O]$ .

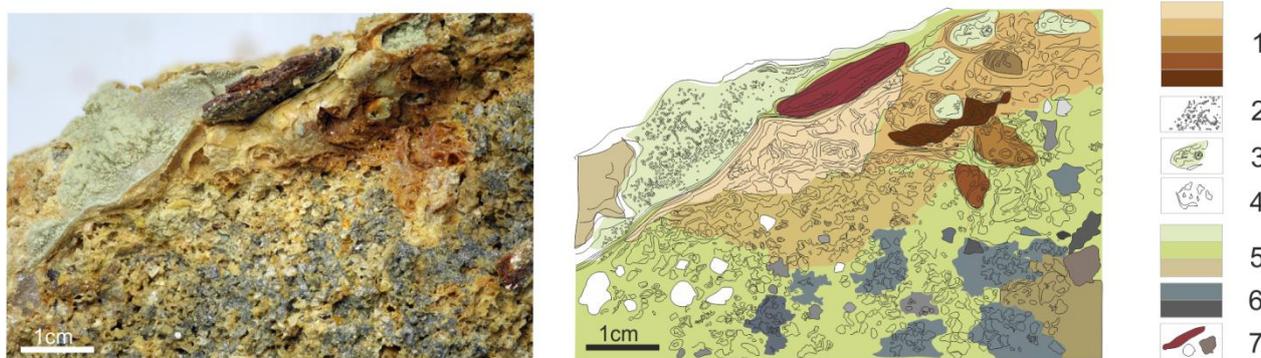
A diversidade de granulometrias reconhecidas nas escombrelas é muito grande, sobretudo na área E3 (**Figura V.69C**), onde predominam calibres mais finos. Estas observações no terreno permitem considerar que se tratarão de materiais processados em lavaria. Numa das áreas dedicadas ao tratamento (**Figura V.69D**) reconheceram-se cimentos scorodíticos de muito baixa cristalinidade. Estes materiais parecem coalescer fragmentos de arsenopirrite, de elevada

superfície específica, e ainda, detritos siliciosos e fragmentos de rochas (Figura V.73). Este tipo de cimentos e a crustificação que originam podem considerar-se específicos deste EMA.



**Figura V.73.** Termos da crustificação scorodítica de menor cristalinidade do Ema de Tibães. **A** - arsenopirite de elevada superfície específica, recoberta por scorodite pulverulenta; **B** - núcleos de arsenopirite + matriz scorodítica agregando fragmentos quartzosos e xistentos; **C** - crustificação com cimento scorodítico, fracção detritica grosseira herdada (arsenopirite + quartzo + micas + fragmentos rochosos indistimados).

Um outro exemplo daqueles cimentos scorodíticos (Figura V.74), texturalmente mais complexo, mostra maior variação cromática (5YR6/1 – 5Y4/1 – 5YR4/1), sendo o grau de compactidade/porosidade e friabilidade também muito variável. Estas propriedades são influenciadas pela presença de oxi-hidróxidos de Fe e sulfuretos herdados, mais ou menos reactivos. As fracções de arsenopirite apresentam-se muito porosas a granulares, cromaticamente distintas (10YR5/6 – 5YR5/6). Os revestimentos superficiais, bem como os revestimentos de microcavidades são oolíticos lustrosos (5Y8/4).



**Figura V.74.** Interpretação morfológica e cromática de uma crustificação scorodíticas complexa do EMA de Tibães, fotografia da amostra de mão e redução geométrica. LEGENDA: **1** - misturas de scorodite ± oxi-hidróxidos de Fe associado a sulfuretos alterados; **2** - revestimento superficiais oolíticos lustrosos de scorodite de baixa cristalinidade; **3** - microcavidades na matriz scorodítica com preenchimento textualmente similar ao superficial; **4** - poros e fracturas parcialmente revestidos por scorodite; **5** - matriz ou cimento scorodítico ± compacto e friável; **6** - arsenopirite muito porosa, de elevada superfície específica, com leve gradação cromática; **7** - fracção detritica herdada.

Foram colhidas amostras de água no local onde se reconheceram as crustificações descritas (Figura V.74), concretamente na escombreira E3, com material processado e granulometrias finas (TE). Colheu-se ainda em trincheira, com material solto embebido na água de escorrência superficial (TT) (Tabela V. 36). Como termo comparativo foi ainda realizada colheita em escorrência de águas sobranes a montante das escombreiras e das infra-estruturas mineiras (TV) na Tabela V. 37.

**Tabela V. 36.** Dados físico-químicos e de análise química (ICP-MS) de água de escorrência superficial na **escombreira E3** (local **TE**) e numa trincheira (local **TT**), EMA de **Tibães**. Parâmetros de medição expedita: pH, temperatura (T), potencial redox (Eh) e condutividade eléctrica (CE); medição em condições laboratoriais: sólidos suspensos totais (SST), alcalinidade total (AlcTot) e acidez (Acid); composição aniônica: F, Cl, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Br, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>; componente multielementar, (unidades em ppb), nd (não determinado) distribuição dos elementos por intervalos de ordens de grandeza (adaptado do Sistema Decádico de **Fersman**, in **Rosler e Lange, 1972**)

	pH	T (°C)	CE (µS/cm)	Eh (RmV)	SST (mg/L)	AlcTot (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Acid (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	F	Cl	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Br (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
<b>TE</b>	5,21	nd	27,6	178	nd	2,23	-	0,030	3,000	0,100	<0,01	0,500	<0,03	3,100
<b>TT</b>	5,05	nd	19,3	200	nd	1,89	-	<0,01	1,900	0,100	0,020	0,200	0,040	3,800

**HIDROGEOQUÍMICA MULTIELEMENTAR**

>100 000 ppb	100.000 10.000	10.000 1.000	1.000 100	100 10	10 1	1 0,1	0,1 0,01	0,01 0,001	0,001 0,0001	<0,0001 ppb	
-	-	<b>Na</b> 2220,0 <b>K</b> 1321,3	<b>Ca</b> 743,2 <b>Mg</b> 481,6 <b>Al</b> 446,3 <b>Fe</b> 334,7	<b>Mn</b> 220,1 <b>Zn</b> 47,0	<b>Cu</b> 4,90 <b>As</b> 4,63 <b>Pb</b> 4,08 <b>Sr</b> 3,78 <b>Ba</b> 2,50 <b>Se</b> 2,41 <b>Li</b> 1,35 <b>Ti</b> 1,02	<b>Ni</b> 0,987 <b>Sb</b> 0,677 <b>Ce</b> 0,578 <b>Co</b> 0,538 <b>Cr</b> 0,476 <b>Zr</b> 0,437 <b>V</b> 0,359 <b>Th</b> 0,310 <b>La</b> 0,250 <b>Cs</b> 0,237 <b>Nd</b> 0,230 <b>Y</b> 0,171	<b>U</b> 0,093 <b>Pr</b> 0,063 <b>Cd</b> 0,048 <b>Sm</b> 0,047 <b>Sn</b> 0,046 <b>Be</b> 0,043 <b>Sc</b> 0,042 <b>Dy</b> 0,036 <b>Bi</b> 0,032 <b>Mo</b> 0,030 <b>Er</b> 0,024 <b>Tl</b> 0,022 <b>W</b> 0,020 <b>Gd</b> 0,020 <b>Ga</b> 0,020 <b>Yb</b> 0,020 <b>Ge</b> 0,016 <b>Hf</b> 0,016 <b>Eu</b> 0,016 <b>Ag</b> 0,011 <b>Tb</b> 0,011	<b>Nb</b> 0,0086 <b>Ho</b> 0,0068 <b>Lu</b> 0,0029 <b>Au</b> 0,0028 <b>Te</b> 0,0027 <b>Tm</b> 0,0025 <b>In</b> 0,0015	<b>Ta</b> 0,00088 <b>Re</b> 0,00025	-	
Σ	-	-	3541,3	2005,8	267,1	24,67	5,25	0,676	0,0278	0,00113	-

**Tabela V. 37.** Dados físico-químicos e de análise química (ICP-MS) de água de escorrência superficial, **sem influência dos materiais de escombreira** (local **TV**), EMA de **Tibães**. (Parâmetros e sua organização similares aos da **Tabela V. 36**)

	pH	T (°C)	CE (µS/cm)	Eh (RmV)	SST (mg/L)	AlcTot (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Acid (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	F	Cl	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Br (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
<b>TV</b>	6,85	nd	50,1	150	nd	7,47	-	0,020	0,500	0,090	0,050	0,500	<0,03	0,080

**HIDROGEOQUÍMICA MULTIELEMENTAR**

>100 000 ppb	100.000 10.000	10.000 1.000	1.000 100	100 10	10 1	1 0,1	0,1 0,01	0,01 0,001	0,001 0,0001	<0,0001 ppb	
-	-	<b>Na</b> 6722	<b>Mg</b> 958,6 <b>Ca</b> 584,9 <b>K</b> 720,6	<b>As</b> 40,3 <b>Zn</b> 23,1 <b>Fe</b> 16,6 <b>Sr</b> 10,9	<b>Ba</b> 7,53 <b>Al</b> 5,80 <b>Mn</b> 4,38 <b>Cu</b> 1,98 <b>Se</b> 1,50 <b>Cs</b> 1,39	<b>Li</b> 0,968 <b>Ni</b> 0,516 <b>Pb</b> 0,320 <b>Cd</b> 0,319 <b>Co</b> 0,166 <b>Be</b> 0,122 <b>Sb</b> 0,101	<b>V</b> 0,084 <b>Ti</b> 0,042 <b>Cr</b> 0,033 <b>Mo</b> 0,028 <b>Ge</b> 0,021 <b>Tl</b> 0,021 <b>Ce</b> 0,016 <b>Sn</b> 0,011	<b>Ag</b> 0,0087 <b>W</b> 0,0082 <b>Y</b> 0,0070 <b>Te</b> 0,0064 <b>La</b> 0,0060 <b>U</b> 0,0057 <b>Sc</b> 0,0050 <b>Bi</b> 0,0038 <b>Eu</b> 0,0028 <b>Nd</b> 0,0020 <b>Ga</b> 0,0012 <b>Zr</b> 0,0011	<b>Dy</b> 0,00070 <b>Pr</b> 0,00070 <b>Au</b> 0,00053 <b>Er</b> 0,00050 <b>Yb</b> 0,00050 <b>Sm</b> 0,00040 <b>Re</b> 0,00044 <b>Ta</b> 0,00025 <b>Gd</b> 0,00020 <b>In</b> 0,00017 <b>Tb</b> 0,00010 <b>Ho</b> 0,00010	<b>Nb</b> 0,00005 <b>Hf</b> 0,00005 <b>Lu</b> 0,00005 <b>Tm</b> 0,00005 <b>Th</b> 0,00001	
Σ	-	-	6722	2264,1	90,9	22,58	2,512	0,256	0,0579	0,00459	0,00021

Todas as águas se situam nos termos alcalinos. Na componente aniônica destacam-se os conteúdos de Cl<sup>-</sup> mais elevados na águas afectadas pelo materiais de escombreira e o conteúdo de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ligeiramente mais elevado na escombreira de grosseiros (trincheira) que na de finos (3,8 – 3,1 mg/L); estes são bastante superiores às escorrências não afectadas pelas escombreiras.

Entre os elementos maiores podem destacar-se os conteúdos de Na e Mg mais elevados na escorrência afastada dos materiais mineiros que nas restantes, contrariamente aos conteúdo de K e Ca, que são mais elevados na escombreira de finos e na trincheira (1741 – 901ppb K; 915 – 571 ppb Ca). O Ca apresenta conteúdo similar ao da água na trincheira (585 ppb Ca).

Relativamente ao conteúdo de Al este apresenta-se mais elevado na escorrência da escombreira de finos (650 ppb Al) que na trincheira (242 ppb Al), apresentando a concentração mais baixa entre as escorrências estudadas, no local fora da influência directa de materiais mineiros (6ppb Al). Também os conteúdos de Mn, Fe e Zn mostram a mesma distribuição (em diferentes ordens de grandeza).

O conteúdo de As é mais elevado nas escorrências não afectadas pelas escombreira (40,25 ppb As), valor acima do máximo recomendável para águas de consumo, 50 ppb, (DL nº 306/2007). Nas escorrências mineiras, apresenta menor conteúdo nas escombreiras com cimentos scorodíticos (3,73 ppb As), que na trincheira (5,54 pb As), onde se detectaram crustificações poliminerálicas de elevada cristalinidade, agregados e cristais euédricos.

O Cu e o Pb, contrariamente, apresentam-se como elementos traço nas águas da escombreira (2,4 ppb Pb; 5,7 ppb Cu) e nas águas da trincheira (5,744 ppb Pb; 4,15 ppb Cu) em maior concentração que nas escorrências afastadas (0,3 ppb Pb; 1,9 ppb Cu).

A referência aos restantes elementos e verificação de algumas tendências será feita integrando o conjunto de dados obtidos em cada EMa (secção V.2.2.5).

### V.2.2.3. Programas de microanálise de scorodites

Como se viu na secção anterior, a diversidade de ocorrências scorodíticas abrangeu distintos parâmetros de observação e análise: cor, cristalinidade, transparência, textura, associações minerais nas fases prévias e neoformadas.

A RMArga pode tomar-se como referência no estudo das ocorrências scorodíticas segundo os parâmetros considerados, distinguindo-se os EMa exemplares – Castelhão e Fulão.

Fora da RMArga (Adoria, Penedono e Tibães) os aspectos reconhecidos reforçam aquela diversidade, ampliando-a.

As amostras mais representativas foram sujeitas a difracção de RX, a qual proporcionou os seguintes resultados: **a)** em qualquer dos aspectos texturais existem scorodites puras e impuras, com distintas fases associadas; **b)** nos vários difractogramas detectaram-se picos característicos da arsenopirite, pirite, goethite, farmacosiderite e, ainda, kanquite.

Face às observações admite-se, por hipótese, que determinadas especificidades texturais e cromáticas estarão relacionadas com um quimismo herdado.

Para integrar diferentes programas de microanálise em MSE foram seleccionadas amostras representativas dos termos scorodíticos mais contrastantes. Todos os programas incluíram a seguinte rotina: **1)** obtenção de imagens de contraste de número atómico em MEV - ER, para detectar inclusões minerais identificados posteriormente por análise semi-quantitativa em MEV - DE, para definir e caracterizar intercrescimentos e zonalidades composicionais; **2)** obtenção de imagem topográficas em MEV (electrões secundários) para reconhecer pátinas e coberturas.

Foram realizados 4 programas com os seguintes objectivos específicos:

- I) análise preliminar de aspectos morfológicos e composicionais de uma selecção alargada de scorodites;
- II) análise textural e composicional de crustificações;
- III) análise composicional e de zonalidades internas de cristais;
- IV) análise de conteúdos vestigiais e associações minerais específicas – exemplo das mineralizações de In.

Os procedimentos metodológicos de preparação das amostras e sequência analítica encontram-se no Capítulo II.

#### V.2.2.3. I Programa - Análise preliminar

A primeira selecção de scorodites foi abrangente, teve como principal critério a distinção dos modos de ocorrência (cristalinos, crustas mais ou menos compactas, porosos, pulverulentos) (**Tabela V. 38**) reconhecidos nos EMa:

- **Castelhão** - cristal bem desenvolvido, azul claro, sobre quartzo (**C1**); crustificação de elevada cristalinidade azul-cinza, revestindo cavidade com sulfuretos alterados (**C2**).
- **Fulão** - agregado cristalino em roseta, azul-escuro, sobre quartzo (**F1**); crustificação compacta, verde-claro opaca, de afloramento gossanizado (**F2**).
- **Penedono** - agregado poroso e pulverulento verde opaco (**P**).
- **Adoria** - agregado poliminerálico cristalino cinza-escuro (**A1**); agregado cristalino em roseta, azul-claro (**A2**).
- **Tibães** - agregado botrióide verde-escuro opaco (**T1**); cristal bem desenvolvido, castanho-claro transparente (**T2**).

As observações e resultados analíticos deste programa foram de carácter preliminar, permitindo dirigir os programas subsequentes de análise pontual em MSE.

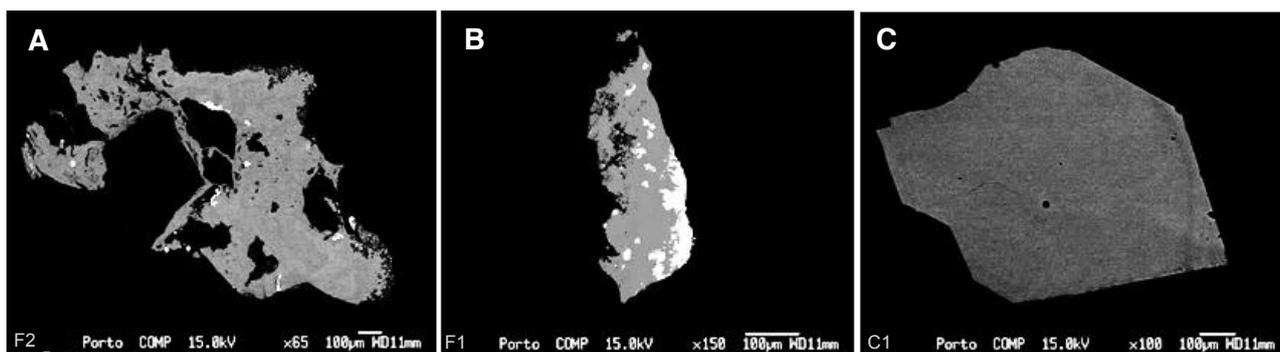
**Tabela V. 38.** Caracterização em lupa binocular e análise quantitativa de scorodites (MSE - I Programa): Parâmetros expeditos: cor, índice de Munsel (**MUN**); cristalinidade (**CRIS**); transparência (**TRAN**); textura (**TEX**), cristalina (cris), oolítica (ool), porosa (por), pulverulenta (pul), lamelar (lam); associações minerais (**ASS**) sulfuretos indiferenciados (sulf), carminite (**CAR**); beudantite (**BEU**); yanomamite (**YNM**); inclusões (**INCL**); zonalidade (**ZON**); não se verificou ou quantificou (-); verificou-se com reduzida, média e grande expressão (+, ++, +++); (-); composições correspondentes a yanomamite a sombreado.

Amostra	MUN	CRIS	TRANS	TEX	ASS	INCL	ZON	Micro-análise	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	In <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Au <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZnO	PbO	CaO	Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Total
C1	5B 7/6	+++	++	cris	-	-	++	C1	45,76	34,16	0	0	<b>0,10</b>	0	0	<b>0,03</b>	0	0	0	80,05
C2	5B 8/2	++	+	cris	sulf	-	++	C2n	46,52	34,50	0	0,06	0,35	0	0	0	0	0	0	81,43
								C2b	46,57	34,34	0	0,05	0,34	0	<b>0,15</b>	0,01	0	0	0	0
F1	5G2/1	+++	++	cris	CAR	-	+	F1	44,60	34,74	0	0,23	0,11	0	0	<b>0,22</b>	0,006	0	0	79,90
F2	10GY7/2	+	-	ool	-	-	+	F2	45,41	34,59	0	<b>0,59</b>	<b>0,66</b>	0	0,05	0,05	0	0	0	81,35
P	5GY4/1	-	-	por-pul	sulf	+++	++	P	45,31	33,89	0	0	0,16	0	0,10	0,05	0	0	0	83,50
A1	5B8/2	+++	+++	cris	BEU	++	-	A1a	46,54	34,44	0	0	0,21	0	0,14	0,13	0	0,015	0	81,43
								A1c	44,95	34,87	0	1,10	0,25	0	0,15	0,05	0,011	0,025	0,006	81,47
								A1e	43,49	34,24	0	2,72	0,34	0	0,05	-	0,002	0	0,003	80,89
A2	5Y7/6	++	++	por	BEU	+	++	A2	46,18	34,47	0	0,01	-	0	0	<b>0,18</b>	0,015	0,035	0	79,51
T1esc	5GB5/6	++	+	cris	-	++	+	T11	45,62	34,73	0	0	0,04	<b>0,06</b>	0,03	0,10	0	0	0	80,58
T2	5Y8/2	+++	+++	cris	YNM	+	+++	T14	42,21	35,59	0,10	0,82	0,80	0	<b>0,16</b>	<b>0,13</b>	0	0	0	79,81
								T20	44,93	32,85	1,63	0,53	0,56	0	0,11	0,12	0	0	0	80,73
								T15	36,45	11,90	35,39	2,75	0,45	0	0	0,04	0	0	0	86,98
								T16	38,71	11,68	33,54	2,20	0,50	0	0,07	0	0	0	0	86,70
								T17	35,41	10,07	36,44	5,86	0,56	0	-	0,10	0	0	0	88,44
								T18	34,34	13,19	32,60	6,80	0,36	0	0,24	0	0	0	0	87,53
								T19	34,61	12,78	33,79	7,08	0,26	0	0,01	0,08	0	0	0	88,61

A preparação e montagem de cristais e agregados cristalinos de scorodite revelou-se um procedimento difícil, nomeadamente na obtenção de polimento adequado para microanálise. A rugosidade do material crustiforme, e a irregularidade e fragilidade dos agregados em roseta constituíram as principais dificuldades.

O rigor da análise química foi afectado pelo polimento pouco uniforme e pelo elevado desbaste das superfícies (grãos, cristais e crustas) o que acentuou texturas mais porosas e zonas metaestáveis de substituição sulfureto - arsenato. Outro aspecto que reduziu o alcance analítico e a identificação em MSE foi a inclinação das superfícies, causada pelas texturas e estrutura em agregado, com diferentes resistências ao polimento.

Em Castelhão são frequentes os cristais isolados de scorodite sobre quartzo, bem desenvolvidos e com elevada tendência euédrica, em imagem estereoscópica sugeriam um zonamento oscilatório (amostra C1, **Tabela V. 38**) que não se verifica na imagem de contraste de fase (**Figura V. 75C**). A amostra C2 (**Tabela V. 38**) proveniente de uma cavidade de quartzo com sulfuretos corresponde a um revestimento crustiforme cristalino com crescimento em ambiente livre, de cor azul mais saturada, nesta foi possível observar uma zonalidade mais pronunciada, discriminando-se um núcleo (C2n, **Tabela V. 38**) e um bordo (C2b, **Tabela V. 38**) com conteúdo elevado de ZnO (0,15%).

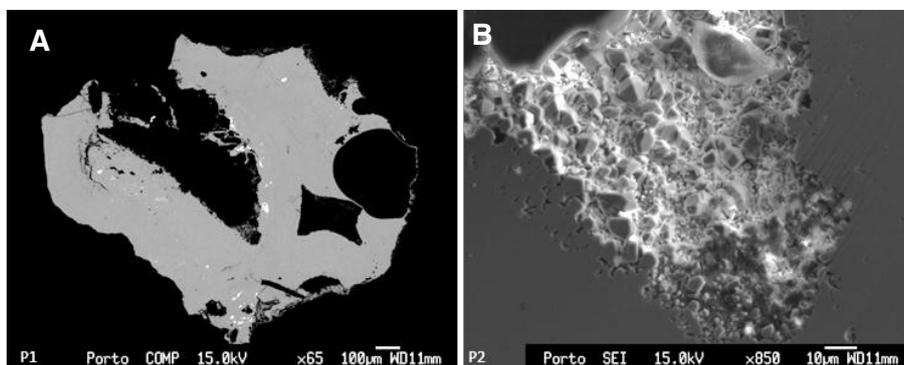


**Figura V. 75** Imagens MEV - ER de scorodites seleccionadas dos EMA de Fulão: crusta scorodítica de afloramento gossanizado (A); scorodite em agregado cristalino poliminerálico (B); cristal isolado de scorodite de Castelhão (C).

Os materiais nas escombrelas do Fulão incluem uma grande variedade de neoformações mineralógicas, entre as quais a scorodite constitui uma das fases mais comuns. Observam-se agregados botrioidais, em roseta, em crustificação sobre sulfuretos ou outros produtos neoformados como carminite, beudantite e mimetite. Estas fases influenciam a cor e a zonalidade da scorodite em imagem estereoscópica. Em imagem de contraste de fases são perceptíveis intercrescimentos ou inclusões de fases com Pb (Figura V. 75B), que se vêm a reflectir na composição da scorodite, a qual admite até 0,22% de PbO (F1, Tabela V. 38).

Os afloramentos de filões de quartzo com produtos gossanizados, comuns no EMA do Fulão, apresentam crustificações scorodíticas relativamente compactas, com texturas oolíticas, estratificadas e por vezes intercaladas com bandas goethíticas. Em imagem de contraste de fases este material revelou-se poroso, com inclusões de elevado número atómico e fraca zonalidade (Figura V. 75B). Na composição desta scorodite são altos os conteúdos de  $Al_2O_3$  (0,66%) e de  $P_2O_5$  (0,59%).

No EMA de Penedono identificaram-se scorodites em agregados botrioidais, extremamente porosos, com tendência pulverulenta e com uma grande diversidade cromática. A amostra P (Tabela V. 38) diz respeito a um cimento, ilustrado na Figura V.76, que integra fracções detríticas de quartzo e outros silicatos, eventualmente provenientes do material disperso na escombrela. Apresenta ainda inclusões com elevado contraste, correspondendo a sulfatos de Ag e Bi (indiscriminados), os quais não parecem influenciar a composição da scorodite (análise P, Tabela V. 38).

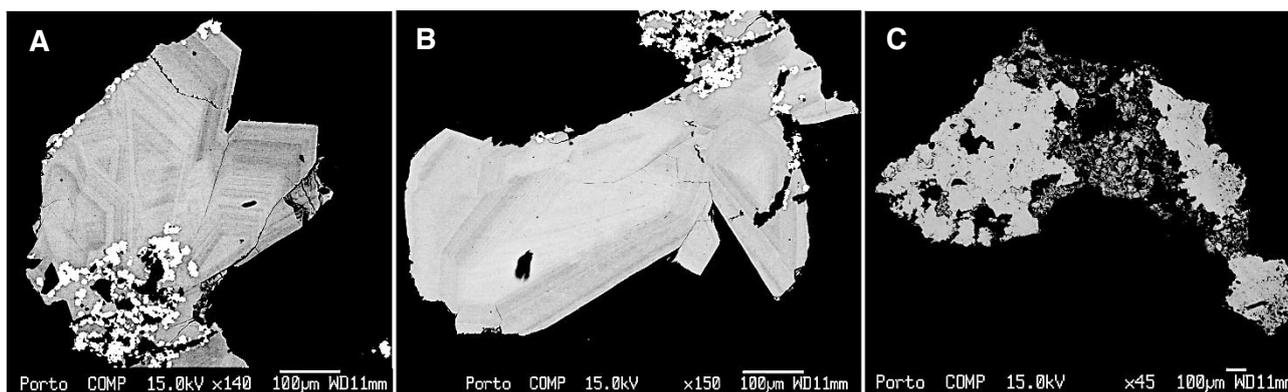


**Figura V.76.** Ocorrências scorodíticas de Penedono. A - Cimento scorodítico (Imagem MEV-ER); B - cavidade crustificada (Imagem de MEV -EDS)

As superfícies pulverulentas das crustificações scorodíticas de Penedono, após impregnação sucessiva e desbaste não mostraram competência para polimento, dada a elevada friabilidade. Em microanálise foi apenas possível captar

imagens MEV-ER (**Figura V.76**) onde se reconheceu uma textura colofórmica (na acepção de **Ramdhor, 1968**), com arranjos rítmico - tipo fractal - disposto ao longo do plano de profundidade.

As scorodites de Adoria seleccionadas correspondiam a agregados cristalinos em roseta, perfeitamente isolados sobre o quartzo. Em lupa binocular mostravam elevada transparência, sem zonamento aparente. Entre os elementos da roseta, surgiam pontuações claras (A2, **Tabela V. 38**). Em imagem de contraste de fases reconheceu-se um zonamento oscilatório pronunciado (**Figura V.77**) com variação significativa do conteúdo de  $P_2O_5$ , mais elevado (2,72%) nas fases escuras (A1e, **Tabela V. 38**) e mais baixo (1,10%  $P_2O_5$ ) nas fases claras. Nestas detectaram-se também vestígios de  $ZnO > PbO > Sc_2O_3 > CaO > V_2O_3$  (A1c, **Tabela V. 38**).



**Figura V.77.** Imagens MEV-ER de scorodites seleccionadas do EMA de Adoria: secções do agregado scorodítico em roseta, com pontuações correspondentes à amostra A1 da **Tabela V. 38** (a,c) e à amostra A2 da **Tabela V. 38**.

As pontuações observadas à lupa binocular nas rosetas de scorodite foram identificadas em MSE revelando tratar-se de beudantite; a scorodite, no contacto com a beudantite mostrou ligeiro enriquecimento em  $PbO$  (A1, **Tabela V. 38**).

Tal como no Fulão, as scorodites de Adoria integram associações minerais complexas, onde se reconhece com frequência beudantite, mimetite, entre outros produtos de alteração da galena. A amostra A2 (**Tabela V. 38**) diz respeito a estes agregados, em que a scorodite parece ter prevalência sobre as restantes (**Figura V.77**), muito embora apresente conteúdos vestigiais de  $PbO$  (A2, **Tabela V. 38**).

Do EMA de Tibães foram seleccionadas crustificações de elevada cristalinidade, que em Lupa Binocular se revelaram translúcidas, com cor azul esverdeada escura, sem zonalidade aparente. Em imagem de contraste de fases foi possível reconhecer zonalidade oscilatória bem pronunciada (**Figura V.78A**), em que as fases escuras incluem conteúdos de  $Pb > Au > Al > Zn$ .

Entre as scorodites de Tibães, as que mereceram maior destaque eram euédricas amarelas e com zonamento marcado (T2, **Tabela V. 38**). A análise em MSE mostrou que se tratava de um cristal composto, com núcleo enriquecido em  $In$ , correspondente à fase yanomamite (T15 a T19 da **Tabela V. 38**) e o bordo desprovido de  $In$  (T14 e T20 da **Tabela V. 38**), de composição scorodítica. Na **Figura V.78B** ilustra-se esta secção composta identificando-se os conteúdos de  $In$  e  $Fe$  nos pontos analisados. Para a yanomamite, os conteúdos atômicos de  $In$  determinados variam entre 0,44 APFU (32,60% de  $In_2O_3$ ) e 0,51 APFU (36,44% de  $In_2O_3$ ), o  $Fe$  varia de 0,25 APFU (29,59%  $Fe_2O_3$ ) a 0,31 APFU (9,07%  $Fe_2O_3$ ). Estes valores situam esta fase na série yanomamite-scorodite estabelecida em **Botelho, et al. (1994)**.

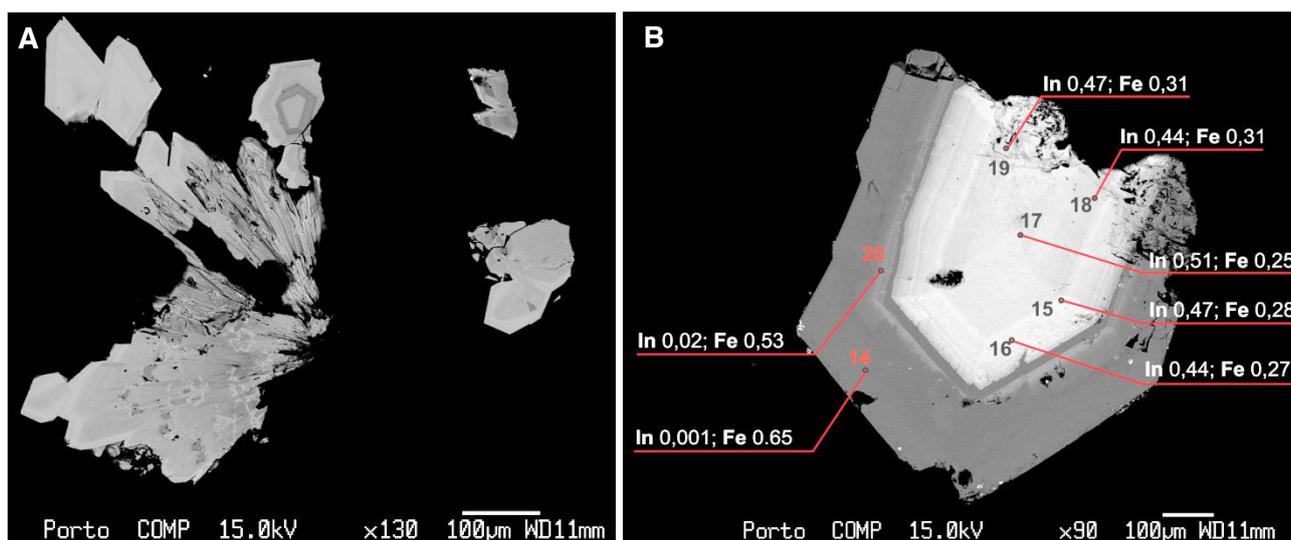


Figura V.78. Imagens MEV-ER de scorodites do EMA de Tibães: A - crustificações cristalinas correspondentes à amostra T1esc da Tabela V.38; B - cristal composto de scorodite-yanomamite, correspondentes à amostra T2 da Tabela V.38, conteúdos In e Fe (em APFU).

As amostras identificadas em Tibães constituem a segunda ocorrência documentada de yanomamite (Alves *et al.*, 2010). A primeira identificação desta fase foi realizada por Moura (1993) à MSE, numa amostra de cristais euédricos finamente disseminados ou com ocorrência fibrosa numa scorodite de textura colofórmica.

Segundo a Autora a distribuição de In na scorodite é irregular, distinguindo-se duas situações: 1) na orla de alteração do sulfureto primário os conteúdos revelam-se mais baixos (0,7% de  $\text{In}_2\text{O}_3$ ); 2) em massas ou cimentos muito pouco cristalinos pode conter até 11% de  $\text{In}_2\text{O}_3$ .

Moura *et al.* (2007) referem para a scorodite de Mangabeira o teor médio em In de 2,35%. Os restantes arsenatos hidratados são indicados por Botelho e Roger (1990a) como potenciais concentradores de In.

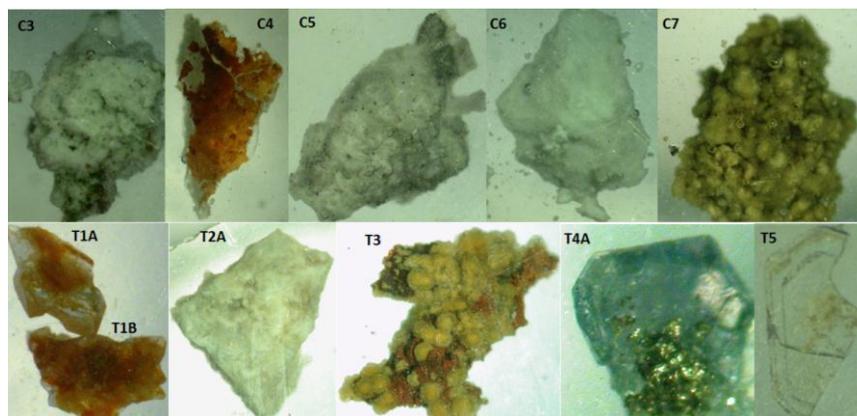
Como característica particular identificou-se neste caso alto conteúdo em  $\text{P}_2\text{O}_5$ , variando entre 2,20 a 7,08%. A zonalidade que os cristais manifestam parece atribuir-se à variação de conteúdo deste óxido, em maior proporção no bordo. Este manifesta comportamento inverso ao do Al, também considerado elemento vestigial significativo. O valor mais alto observado é de 0,8% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  em maior proporção no núcleo.

### V.2.2.3. II Programa - Análise de crustificações

Foi objectivo do II Programa a caracterização química de crustificações e recobrimentos lamelares, reconhecidos em amostras de mão nos EMA de Castelhão e Tibães, que exibem diversidade cromática e textural. Em lupa binocular identificaram-se as seguintes variações ao nível da porosidade, friabilidade e pulverulência das matrizes scorodíticas, e ainda na cor (Figura V.79):

- **Castelhão** - crusta pulverulenta verde-clara (C3); lâmina acastanhada (C4); crusta esverdeada escura, com inclusões (C5); crusta esverdeada clara compacta (C6); crusta amarelo-escuro botrióide (C7);
- **Tibães** - crusta acastanhada com zonamento muito pronunciado (T1A e B); crusta esverdeada porosa (T2A); crusta amarelo botrióide com intercrescimentos de goethite (T3); crusta azul sobre pirite (T4A); lâmina transparente zonada, recobrendo fractura em quartzo (T5).

**Figura V.79.** Selecção de crustificações scorodíticas de Castelhão: **C3** – crusta pulverulenta; **C4** – lâmina frágil recobrimdo quartzo; **C5** – crusta com inclusões; **C6** - crusta compacta; **C7** – crusta botrioidal. Selecção de crustificações scorodíticas de Tibães: **T1**- crustas zonadas; **T2A** - crusta microporosa; **T3** – crusta botrioidal; **T4A** – crusta sobre pirite; **T5** - lâmina transparente zonada. Imagens em Lupa Binocular (Ampliação 10X)



Na **Tabela V. 39** apresentam-se alguns dos aspectos morfológicos mais importantes na discriminação das crustas e suas composições pontuais (em MSE). O Au, o Zn e o Sn foram analisados, verificando-se abaixo do limite de detecção.

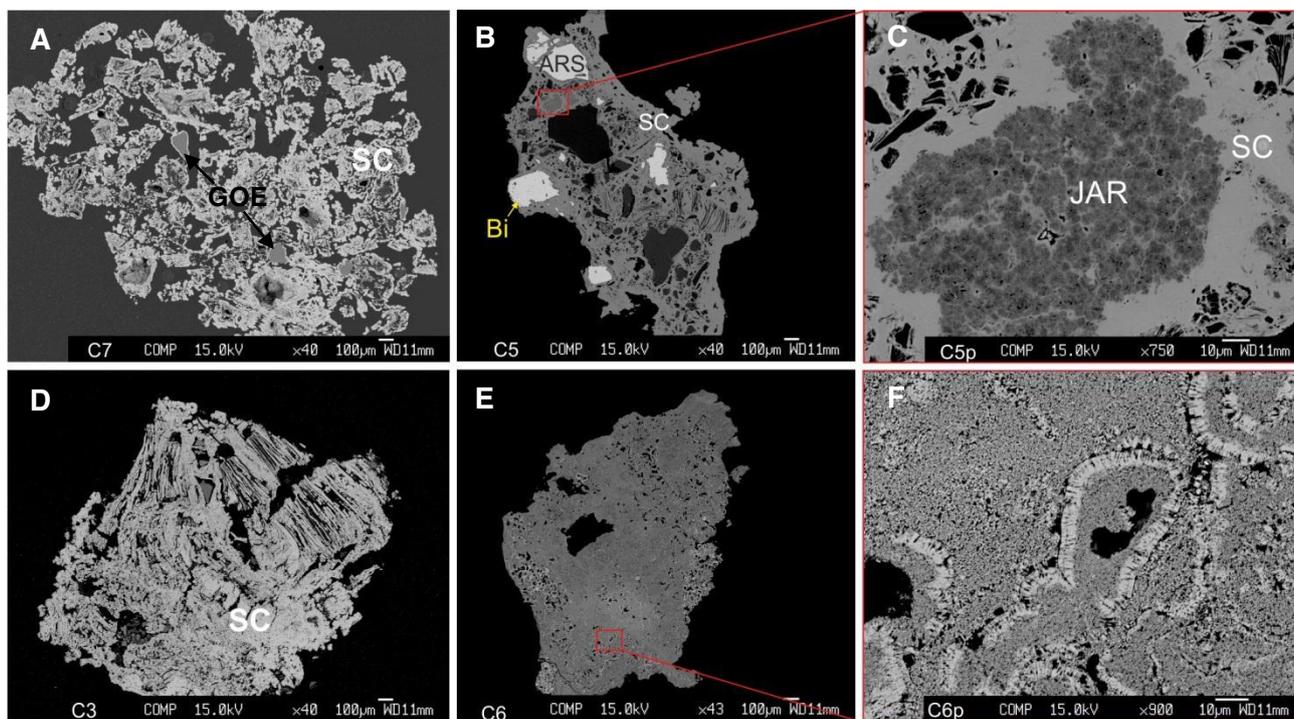
**Tabela V. 39.** Caracterização em lupa binocular e análise quantitativa de scorodites (MSE - II Programa): Parâmetros expeditos: cor predominante, índice de Munsell (**MUN**); cristalinidade (**CRIS**); transparência (**TRAN**); textura (**TEX**), cristalina (cris), oolítica (ool), porosa (por), pulverulenta (pul), lamelar (lam), compacta (comp), botrioidal (bot); associações minerais (**ASS**) sulfuretos indiferenciados (sulf), goethite (GOE); inclusões (**INCL**); zonalidade (**ZON**); não se verificou ou quantificou (-); verificou-se com reduzida, média e grande expressão (+, ++, +++).

Amostra	MUN	CRIS	TRANS	TEX	ASS	INCL	ZON	Micro-análise	As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	In <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PbO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CuO	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Total
C3	5G4/1	-	-	por-pul	sulf	+++	-	C3	38,8	34,9	0	0,05	0,01	0,19	0,02	0	0	0,004	0,01	73,96
C4	5Y7/6	++	++	lam	-	+	++	C4	44,7	34,3	0,03	0,17	0,02	0,07	0,35	0,05	0	0	0	79,64
C5	5GY4/1	-	-	por	sulf	+++	++	C5	42,2	34,3	0	0,05	0	0,05	0	0	0	0,02	0,04	76,63
C6	5GY7/2	+	-	com-por	sulf	-	-	C6	37,5	31,0	0	0,05	0	0,97	0,01	<b>0,47</b>	0	0,03	0	70,01
C7	10Y5/6	-	-	bot	goe+sulf	-	+	C7	40,4	34,7	0	0,07	0,01	0,93	0,02	0,13	0	0	0	76,30
T1A	5Y7/6	+++	++	cris	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T1B	5Y7/6	+++	+	cris	-	-	+	T1B	45,6	33,6	0,02	0,25	0	0,02	0,001	0	0	0,06	0,01	79,56
T2A	5GY8/4	+	-	por	-	-	+	T2A	47,3	34,9	0	0,08	0,09	0,24	0	0,025	0	0,03	0	82,71
T3	10Y7/4	+	-	bot	goe	-	+	T3	40,8	35,5	0,02	3,95	0	0,01	0,007	0,005	0	0,03	0	80,33
T4A	5B5/6	+++	++	cris	-	++	+	T4B	45,5	33,0	0,01	0,32	0,20	0	0	0	0	0,02	0	79,06
T5	5Y8/2	+++	+++	lam	-	+	+++	T5c	35,0	23,7	0	0,23	0,21	0	0	0,027	0	0,02	0	59,17
								T5b	45,9	30,5	0,01	1,90	0,03	0,04	0,001	0	0	0	0,02	78,46
								T5o	43,4	34,2	0,03	1,14	0,08	0,35	0,003	0,05	0,08	0	0	79,32

Relativamente ao I Programa de análise, os materiais agora seleccionados revelaram grau de hidratação mais elevados, com valores totais mais baixos.

As crustas mais pulverulentas de Castelhão, representadas pela amostra C3 (**Tabela V. 39**), ocorriam em cavidades com sulfuretos, cuja associação pode justificar o elevado conteúdo de SO<sub>3</sub>. Estas amostras caracterizam-se por elevada hidratação, a qual poderá justificar as cores mais claras, e ainda uma estrutura desagregada, que em imagem MEV – ER (**Figura V.80D**) sugere um arranjo lamelar, onde estão aprisionadas fases minerais com menor número atómico.

A amostra C6 apresenta cor semelhante a C3 e uma textura aparentemente mais compacta, foi seleccionada por recobrir e preencher o núcleo de um sulfureto (pirite ou marcassite). Esta apresenta textura porosa (**Figura V.80E-F**) com pormenores concrecionais colofórmicos, conteúdos elevados de SO<sub>2</sub> e CuO (próximos de 1% de SO<sub>2</sub> e 0,5% de CuO) e baixa relação Fe/As (C6, **Tabela V. 39**). Estes parâmetros conjugados com o elevado grau de hidratação sugerem que esta fase poderá corresponder a uma kanquite (FeAsO<sub>4</sub> • 3.5H<sub>2</sub>O). Este arsenato admite conteúdos de SO<sub>3</sub> até 2,25% e H<sub>2</sub>O > 25% (**Anthony et al., 2010**).



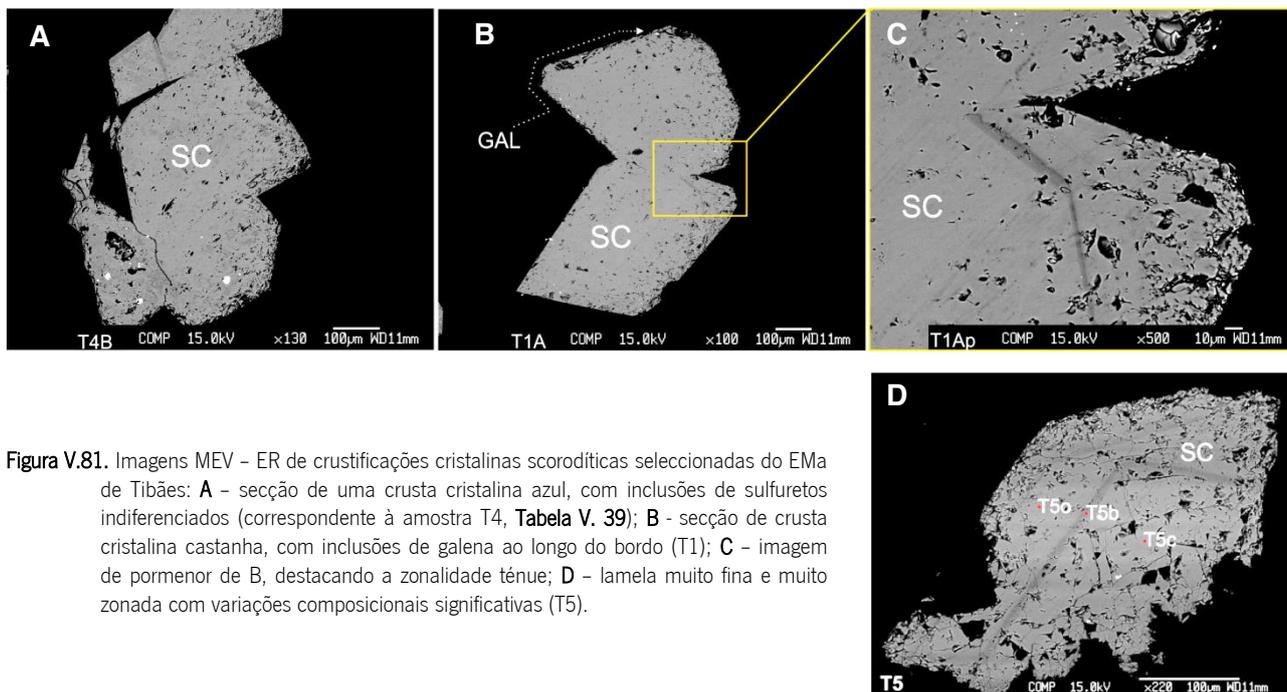
**Figura V.80.** Imagens MEV – ER de crustificações scorodíticas seleccionadas dos EMa de Castelhão: **A** – crusta botrioidal (amostra correspondente C7 na **Figura V.79** e **Tabela V. 39**); **B** - crusta com inclusões de arsenopirite (ARS) e nesta inclusões de fases com Bi (amostra C5); **C** – pormenor de B, inclusão de jarosite (JAR); **D** – crusta pulverulenta (amostra C3); **E** - crusta compacta (amostra C6); **F** – pormenor de E.

A amostra C7 recobria sulfuretos muito alterados, parcialmente substituídos por goethite. A textura e cor distinguem-se das restantes crustas, possivelmente pela associação ao hidróxido de Fe. Na imagem MEV – ER (**Figura V.80A**) reconhecem-se núcleos de goethite revestidos pela scorodite, apresentando conteúdos altos de  $\text{SO}_3$ , contudo a relação Fe/As corresponde à de uma scorodite (C7, **Tabela V. 39**).

Cromaticamente semelhante a C3 e C6, a amostra C5 manifesta textura muito porosa e abundantes inclusões visíveis em Lupa Binocular. Apresenta conteúdos vestigiais pouco significativos de  $\text{SO}_2 > \text{P}_2\text{O}_5 > \text{Sb}_2\text{O}_3$  e MnO (**Tabela V. 39**), eventualmente relacionados com as inclusões identificadas em MSE, nomeadamente arsenopirite e jarosite, entre fracções detríticas de silicatos e óxidos. As imagens MEV – ER (**Figura V.80B e C**) mostram, de forma exemplar, as diferentes fracções detríticas herdadas (ex. arsenopirite) e neoformadas (ex. jarosite), com diferenciada reactividade. Nas fracções herdadas são visíveis superfícies/contornos de corrosão e nas neoformadas os contornos apresentam-se aparentemente metaestáveis. A scorodite surge como uma matriz ou cimento agregador, incluindo as restantes fases.

Entre as amostras de Castelhão contemplou-se também um recobrimento scorodítico, acastanhado e relativamente transparente, com forma de uma lamela fina sobre um fragmento de quartzo, aparentemente sem associação a outras fases neoformadas, (amostra C4, **Figura V.79**). Composicionalmente mostrou ser um material menos hidratado, apresentando conteúdos vestigiais de  $\text{K}_2\text{O} > \text{P}_2\text{O}_5 > \text{SO}_3 > \text{CuO} > \text{In}_2\text{O}_3 > \text{PbO}$  (C4, **Tabela V. 39**). Esta foi a única scorodite a mostrar conteúdos de In para lá das identificadas nas amostras de Tibães, apresentando cor similar àquelas.

A selecção de Tibães incluiu um espectro textural e cromático muito alargado, comparável ao de Castelhão. Entre os materiais foram seleccionadas crustificações de elevada cristalinidade que recobriam fragmentos de quartzo com sulfuretos (amostras T1, T4 e T5 da **Figura V.81**), com modo de ocorrência similar à amostra C4, de Castelhão.



**Figura V.81.** Imagens MEV - ER de crustificações cristalinas scorodíticas seleccionadas do EMA de Tibães: **A** - secção de uma crosta cristalina azul, com inclusões de sulfuretos indiferenciados (correspondente à amostra T4, **Tabela V. 39**); **B** - secção de crosta cristalina castanha, com inclusões de galena ao longo do bordo (T1); **C** - imagem de pormenor de B, destacando a zonalidade ténue; **D** - lamela muito fina e muito zonada com variações composicionais significativas (T5).

Em observações à Lupa Binocular, a amostra T1 apresenta zonamento com tons acastanhados. Em MEV-ER o zonamento é pouco marcado (**Figura V.81 B-C**), as faixas mais escuras apresentam conteúdo mais alto de  $P_2O_5$  (T1, **Tabela V. 39**), nestas foram detectados conteúdos vestigiais de  $In_2O_3$  (0,02%). As secções dos agregados cristalinos revelaram-se, muito porosas, sobretudo na zona de bordo, com inclusões de galena (**Figura V.81 B**).

A amostra T4 corresponde a uma crustificação azul, cristalina, sobre pirite ou marcassite, muito comum em Tibães. Macroscopicamente apresenta um aspecto zonado, não identificado em imagens de contraste de fases secções. Os bordos, contudo, possuem enriquecimento em  $P_2O_5$  e  $PbO$  (T4, **Tabela V. 39**), e inclusões de sulfuretos de  $Pb$  e  $Fe$ , sem um arranjo ordenado ao longo do agregado cristalino (**Figura V.81 A**).

A amostra T5 corresponde a uma lâmina fina de scorodite, que recobria uma fractura de quartzo. A secção era muito transparente, com um zonamento oscilatório marcado por tons castanhos. A composição das faixas mais escuras apresentou conteúdos mais altos de  $P_2O_5$  e mais baixos de  $Fe_2O_3$  e de  $SO_3$ , bem como de constituintes vestigiais, com excepção de  $Sb_2O_3$  (T5b faixa escura; T5o faixa clara; T5c núcleo, **Tabela V. 39** e **Figura V.81 D**). O núcleo apresentava inclusões de sulfuretos de  $Bi$  não discriminados.

As crustificações menos cristalinas de Tibães dizem respeito às amostras T2A e T3, muito similares às amostras C6 e C7 de Castelhão. Na **Tabela V. 40** são apresentadas comparativamente as crustificações das duas proveniências.

A amostra T2A correspondia a uma crosta botrióide, microporosa, com tons esverdeados muito claros, que recobria uma cavidade com sulfuretos muito alterados. Relativamente a C6 apresenta menor grau de hidratação e relação  $Fe/As$  típica de uma scorodite. O espectro de constituintes vestigiais é o mesmo, embora presentes em menor concentração (T2, **Tabela V. 39**).

O agregado scorodítico, botrióidal ou esferoidal, representado pela amostra T3, intercrescido com goethite (tal como na amostra C7) revelou os mais altos conteúdos em  $P_2O_5$  (3,95%) que se verificaram em crustificações, no presente programa analítico, e baixos conteúdos nos restantes elementos vestigiais (T3, **Tabela V. 39**).

Na **Tabela V. 40** comparam-se as crustificações de Castelhão e Tibães. Estas apresentam características morfológicas contrastantes ao nível da cor e textura. Verificaram-se, segundo os índices de Munsell, variações de luminosidade e saturação para os tons 5Y, 10Y e 5GY. Estes tons relacionam-se com ocorrências de maior cristalinidade (5Y), botrioidais (10Y) e porosas (5GY). Apesar de não se incluir aqui o tom 5B, este associa-se a ocorrências de mais alta cristalinidade.

Composicionalmente, podem destacar-se conteúdos de  $As_2O_5$  mais altos para texturas cristalinas, excepção para a crosta microporosa de Tibães (T2A). Conteúdos em  $Fe_2O_3$  não variam significativamente, sendo o valor mais baixo correspondentes a uma possível kanquite (C6), também esta a mais hidratada. Neste aspecto, composicional, contrasta com a amostra similar em textura e cor (T2A).

Entre os conteúdos de elementos vestigiais o  $P_2O_5$  marca genericamente os padrões de zonalidade, sendo mais abundante em crustificações com tons 10Y – 5Y. Os conteúdos em  $SO_3$  associam-se aos sulfuretos primários, marcando os tons 5GY e as texturas mais porosas e esferoidais. A presença de  $In_2O_3$  é pouco significativa, acompanha scorodites mais ricas em  $P_2O_5$ .

**Tabela V. 40.** Espectro de variação cromática, textural e composicional em crustificações scorodíticas reconhecidas para os EMA de Castelhão e Tibães. Referência de tons (segundo o sistema de Munsell); textura cristalina (cris), botrióidal (bot) e porosa (por). **C6\*** Composição de uma kanquite, arsenato comum entre as crustificações de Castelhão, em associação com scorodite.

	CORES - TONS	TEXTURA		$As_2O_5$	$Fe_2O_3$	$In_2O_3$	$P_2O_5$	PbO	$SO_3$	$K_2O$	CuO	MnO	$Sb_2O_3$	Total	
Tibães (T1)		5Y		cris	45,6	33,6	0,02	0,25	0	0,02	0,001	0	0,06	0,007	79,56
Castelhão (C4)		5Y		cris	44,7	34,3	0,03	0,17	0,02	0,07	0,35	0,05	0	0	79,64
Tibães (T3)		10Y		bot	40,8	35,5	0,02	3,95	0	0,01	0,007	0,005	0,03	0	80,33
Castelhão (C7)		10Y		bot	40,4	34,7	0	0,07	0,01	0,93	0,02	0,13	0	0	76,30
Tibães (T2A)		5GY		por	47,3	34,9	0	0,08	0,09	0,24	0	0,03	0,03	0	82,71
Castelhão (C6)*		5GY		por	37,5	31,0	0	0,05	0	0,97	0,01	0,47	0,03	0	70,01

A existência de inclusões de sulfuretos em scorodites sugere que a cristalização/precipitação do arsenato possa ter ocorrido num ambiente redutor, na ausência de oxigénio. Estas condições podem verificar-se tanto em profundidade, abaixo dos níveis freáticos, admitindo a génese hidrotermal concomitante aos sulfuretos em filões de quartzo, como em situações pontuais anóxicas, por exemplo, num incêndio.

Por outro lado, pela morfologia e estrutura das crustificações, integrando fracções detríticas de diversas natureza, considera-se que a matriz scorodítica neoformada encerre fases sulfuretadas primárias, restíticas, das quais decorre. Agregando ou aglutinando fracções detríticas susceptíveis de alteração, por um lado, estabiliza as superfícies destes materiais mais reactivos, por outro, promove reacções de neutralização entre detritos aluminossilicatos e sulfuretados.

### V.2.2.3. III Programa – Análise de cristais

A selecção de scorodites para este programa teve como principal critério a caracterização de cristais e agregados cristalinos com diferentes tamanhos e cores e em associações poliminerálicas, dos EMa de Castelhão, Fulão, Penedono e Tibães. Os principais aspectos morfológicos (Tabela V. 41) incluem:

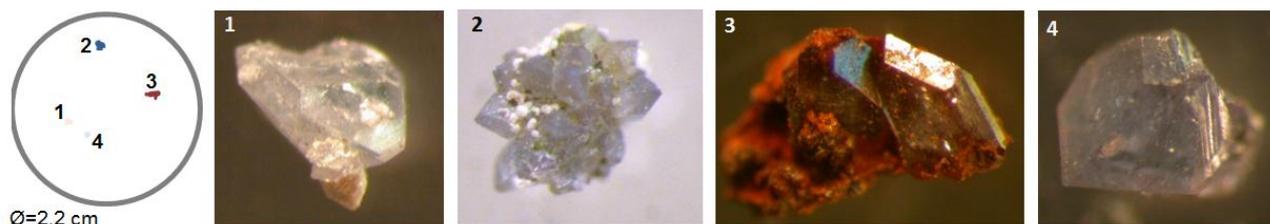
- **Castelhão** - cristal transparente (C1); roseta azul (C2); cristal avermelhado (C3); cristal azul (C4);
- **Fulão** – agregado cristalino avermelhado, com carminite (Fcar); agregado cristalino avermelhado com goethite e quartzo (Fq); cristal zonado com tons castanhos (Fzon);
- **Penedono** – estas amostras afastam-se do critério estabelecido para o presente programa, a introdução desta amostra prendeu-se com o contraste de cor, típico deste EMa e que importava distinguir dos demais, assim, na mesma amostra discriminou-se uma pátina pulverulenta branca sobre a arsenopitite cataclástica (Pars); agregado poroso azulado sobre a pátina branca (Psc);
- **Tibães** – 4 cristais azuis grandes, >2mm em b (T1); 2 cristais avermelhados zonados (T2); 3 cristais transparentes, com inclusões (T2)

**Tabela V. 41.** Caracterização em lupa binocular e análise quantitativa (MSE – III Programa) de scorodites e outros arsenatos: Parâmetros expeditos: cor predominante, índice de Munsell (MUN); cristalinidade (CRIS); transparência (TRAN); textura (TEX), cristalina (cris), porosa (por), pulverulenta (pul), botrioidal (bot); associações minerais (ASS) sulfuretos indiferenciados (sulf), arsenatos indiferenciados (arst); goethite (GOE); quartzo (QZ); inclusões (INCL); zonalidade (ZON); não se verificou ou quantificou (-); verificou-se com reduzida, média e grande expressão (+, ++, +++)(-). Composições correspondentes à yanomamite (a sombreado)

Amostra	MUN	CRIS	TRANS	TEX	ASS	INCL	ZON	Micro-Análise	As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	In <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Au <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZnO	PbO	SO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CuO	Ag <sub>2</sub> O	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	WO <sub>3</sub>	HgO	CoO	Total	
C1	N9	+++	+++	cris	QZ	-	-	C1a	50,4	35,4	0	<b>0,19</b>	<b>0,90</b>	0	0	0,08	0	0	0	0	0,01	0	0,01	0,02	87,0	
C2	5B8/2	+++	++	cris	-	-	+	C1d	50,8	36,2	0	0,05	0,16	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0,01	87,2	
								C1e	50,7	35,9	0	0,03	0,22	0	0,03	0,06	0,05	0	0,02	0	0,01	0	0	0,04	87,0	
C3	5YR1/4	++	+	cris	GOE	+	+	C1b	50,6	36,5	<b>0,02</b>	0,13	0,37	0	0	0,12	0	0	0	0	0	0	0,01	0,03	87,7	
								C1f	50,7	35,4	<b>0,02</b>	0,02	0,12	0	0,02	0,06	0,01	0	0	0	0,06	0	0,01	0,01	86,4	
C4	5B8/2	+++	+	cris	-	-	+	C1c	49,7	35,7	0	0,15	<b>0,81</b>	<b>0,05</b>	0	0,01	0,02	0	0,03	0	0	0	0	0	86,5	
Fcar	10R4/6	+	-	bot	arst	+	+	car1	31,37	21,89	0	0,26	0,025	0	0,08	31,1	0	0	0,06	0	0,12	0	0	0,03	84,9	
								F2	49,88	0,43	0,07	0,01	0,14	0,01	0,01	0	0,03	35,34	0,002	0,02	0,09	0,01	0	0,03	86,1	
								beu3	21,79	28,94	0	0,25	<b>0,99</b>	<b>0,02</b>	0,04	25,61	<b>2,81</b>	0	0	0,01	0,03	80,6				
Fq	10R4/6	+	-	bot	-	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fzon	10R4/6	+	-	bot	sulf	++	+++	Bi1	22,65	0,76	0,01	0,59	0,01	0	0,05	8,04	0,63	0,01	0	0,64	52,3	0	0	0	85,7	
PArs	N2-N3	-	-	por	-	+++	-	P1a	50,1	36,5	0	<b>0,48</b>	0,06	<b>0,02</b>	0	0,01	<b>0,81</b>	-	0,12	0,04	0,02	0,05	0,03	0,05	88,2	
PSc	5BG4/6	-	-	pul	-	+	-	P1c	49,9	36,8	0	0,25	<b>0,18</b>	0	0	0,04	<b>0,77</b>	-	0,18	0,01	0,05	0	0	0,03	88,2	
T1ac	5b5/6 - 5BG5/2	+++	+++	cris	-	-	++	T1a	50,4	35,4	0	0,54	0,05	0,04	0,02	0,02	0	-	0,02	0	0	0,02	0,03	86,5		
								T1b	50,8	39,6	0	<b>0,80</b>	0,13	<b>0,06</b>	0,06	0,08	0	-	0	0,01	0	0	0,04	91,6		
								T1c	51,3	40,0	0	0,23	0,15	0,04	0,06	0,05	0,04	-	0	0	0	0	0	0	91,9	
T1dg	5b5/6 - 5BG5/2	+++	+++	cris	-	-	++	T1d	50,7	40,5	0	0,38	0,05	0,01	0,04	0,08	0,01	-	0	0,01	0,01	0	0	0	0	91,8
								T1e	49,6	39,0	0	0,78	0,16	0,04	0,03	0,02	0	-	0	0	0,06	0	0,06	0,04	89,8	
								T1f	49,8	39,9	0	0,36	0,12	0	0	<b>0,11</b>	0	-	0,00	0	0,02	0	0	0,02	90,3	
								T1g	50,4	40,6	0	0,21	0,05	0,04	0,04	0	0	-	0	0	0	0	0,01	0,04	91,4	
T1hj	5b5/6 - 5BG5/2	+++	+++	cris	GOE	+	++	T1h	48,9	39,4	0	0,91	0,15	0,05	0,04	0,03	0	-	0,02	0,01	0,03	0	0	0,04	89,6	
								T1i	50,4	39,6	0	0,37	0,09	<b>0,14</b>	0,03	0,02	0	-	0	0	0,04	0,03	0,05	90,8		
								T1j	49,2	39,9	0	0,42	0,16	0,04	0,05	0	0,01	-	0,02	0	0,03	0,03	0,03	89,9		
T2inc	N9	+++	+++	cris	sulf	+++	-	T2i-12	50,2	36,1	0	0	0,34	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0,03	0	0,05	87,0	
								T2m-13	50,0	35,6	0	0	0,25	0,07	0	0	0,01	0	0,15	0	0,01	0	0	0,03	86,3	
T2ae	10YR7/4 - 5Y8/1	+++	++	cris	YNM	-	+++	T2a-1	41,0	14,6	32,17	3,39	0,28	0,01	0,07	0	0,01	0,19	0	0	0,02	0	0	0,01	91,9	
								T2b-2	49,5	34,6	0,01	0,55	<b>0,86</b>	0,02	0,17	0,06	0,17	0	0,06	0	0,07	0,03	0	0	86,1	
								T2c-3	35,6	9,4	40,75	6,18	0,34	0,04	0	0	0	0,27	0,03	0	0,02	0	0,04	0,02	92,7	
								T2d-4	39,2	10,4	38,08	4,32	0,24	0,12	0,15	0	0	0,26	0	0,01	0	0	0	0	92,7	
								T2e-5	33,8	3,7	47,68	6,27	0,23	<b>0,09</b>	0,03	0	0	0,32	0	0	0,02	0,00	0	0	92,1	
T2fk	10YR7/4 - 5Y8/1	+++	+++	cris	YNM	-	++	T2f-6	43,3	17,9	28,99	2,06	0,42	0,11	0,08	0	0	0,18	0	0,02	0,07	0,00	0	0	93,1	
								T2g-7	44,7	22,1	21,37	1,93	0,46	0,04	0,03	0	0	0,14	0	0	0,07	0,06	0	0,03	91,0	
								T2h-8	45,6	23,8	19,57	1,51	0,29	0,08	0,11	0,15	0	0,11	0,04	0	0	0	0	0,04	91,3	
								T2i-9	46,9	30,3	8,03	1,78	0,56	0	0	0	0,01	0,041	0	0	0	0,01	0,04	0,03	87,8	
								T2j-10	50,4	35,5	0,62	0,49	0,44	0,07	0,02	0	0,04	0	0	0,01	0	0	0,06	0,03	87,6	
								T2k-11	43,0	39,3	0,08	0,81	1,34	0,03	0,12	0,10	0,39	0	0,01	0,02	0,08	0	0	0,03	85,3	

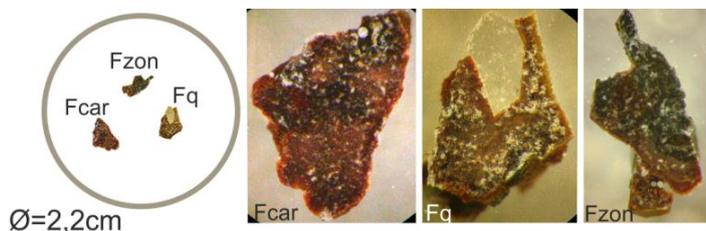
As análises apresentadas na **Tabela V. 41** permitem verificar que nas amostras seleccionadas os valores de  $As_2O_5$  são mais elevados, comparativamente com as crustas. Também apresentam menor grau de hidratação (melhores fechos analíticos em MSE) e um cortejo de elementos vestigiais mais amplo.

Relativamente às crustas, os cristais de Castelhão (C1 – C4, **Figura V.82**) apresentam conteúdos de  $Al_2O_3$  significativos, próximos de 1% e mais baixos de  $P_2O_5$ , (**Tabela V. 41**). O cristal C3, avermelhado e em associação com goethite, apresentou conteúdo mensurável de  $In_2O_3$  (0,02%) e o C4, azul euédrico, conteúdo de  $Au_2O$  (0,045%).



**Figura V.82.** Seleção de cristais e agregados cristalinos de scorodite de Castelhão: **1** – cristal flutuante transparente; **2** – roseta azul, agregados botrioidais brancos entre os elementos, possivelmente de um arsenato; **3** – cristal avermelhado, associado a goethite; **4** – fragmento de um cristal isolado de cor similar a 2. Imagens em Lupa binocular (Ampliação 15X).

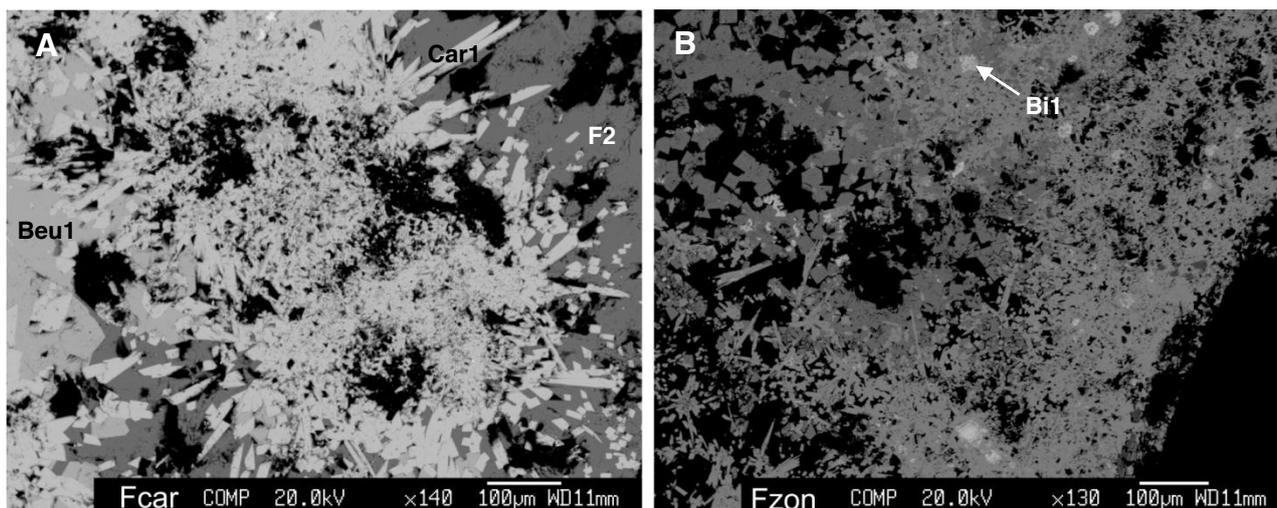
A selecção do Fulão incluiu agregados cristalinos de scorodite intercrescida com fases de hidróxidos de Fe e arsenatos, mais ou menos diferenciáveis, em Lupa Binocular (**Figura V.83**). Estes cristais obtiveram-se em cavidades de alteração no quartzo, que apresentava geometrias *crack seal* mais ou menos evidentes. Os arsenatos recobriam os sulfuretos residuais e preenchiam parcial ou completamente os bandados *crack seal*.



**Figura V.83.** Provete com os cristais seleccionados do Fulão ( $\varnothing=2,2\text{cm}$ ). Imagens em Lupa binocular das secções polidas (Ampliação  $\approx 10\text{X}$ ): **Fcar** – intercrescimento scorodite - carminite; **Fq** – quartzo-scorodite-goethite; **Fzon** – scorodite zonada intercrescida com arsenatos indiferenciados.

Para a amostra Fcar, possível reconhecer em imagens MEV-ER texturas complexas, com intercrescimentos densos, correspondentes a associações de arsenatos neoformados (**Figura V.84**). As composições que se apresentam na **Tabela V. 41** dizem respeito aos arsenatos ilustrados na **Figura V.84** designadamente: **Car1** - secções claras, quadrangulares múltiplas e longitudinalmente alongadas, correspondem possivelmente a carminite  $[PbFe_2(AsO_4)_2(OH)_2]$ ; **F2** - fases escuras, com conteúdos mais altos de  $As_2O_5$  e  $K_2O$  e conteúdos vestigiais de  $In_2O_3$  (composição inconclusiva para a identificação da fase); **Beu3** - fases de contraste intermédio, possivelmente de beudantite  $[PbFe_3(AsO_4)(SO_4)(OH)_6]$ .

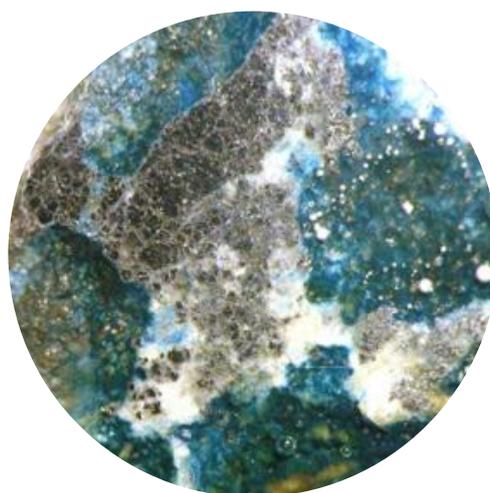
A amostra Fzon contempla intercrescimentos entre arsenatos de Pb e Bi. O arsenato de Bi, com composição identificada na **Tabela V. 41** (FZon, análise Bi1) poderá tratar-se de uma rooseveltite  $[Bi(AsO_4)]$ , ocorrendo sob a forma de pontuações de elevado contraste (**Figura V.84B**).



**Figura V.84.** Crustificações cristalinas de arsenatos seleccionadas do EMA do Fulão: **A** - intercrescimento de carminite – beudantite e outros arsenatos indeterminados (respeitante à amostra Fcar, **Tabela V. 41**); **B** - intercrescimento de arsenatos indeterminados e pontuações de elevado contraste com altos conteúdos de Bi (respeitante à amostra Fzon, **Tabela V. 41**). Imagens MEV – ER.

Incluiu-se neste programa um fragmento de arsenopirite de Penedono com uma pátina pulverulentas de scorodite (**Figura V.85**). O sulfureto apresentava-se bastante cataclasado e com marcas corrosão.

As análises em MSE incidiram sobre uma pátina branca (muito porosa) e uma pátina azul (pulverulenta), respectivamente Pars e Psc na **Tabela V. 41**. Ambas as análises revelaram conteúdos relativamente altos de  $\text{SO}_3$  perto de 1%. O conteúdo de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , é mais alto na pátina branca, que apresenta também conteúdos mensuráveis de  $\text{Au}_2\text{O}$ , similares aos detectados em Castelhão (0,02%). Na pátina azul é mais alto o conteúdo de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (0,2%).

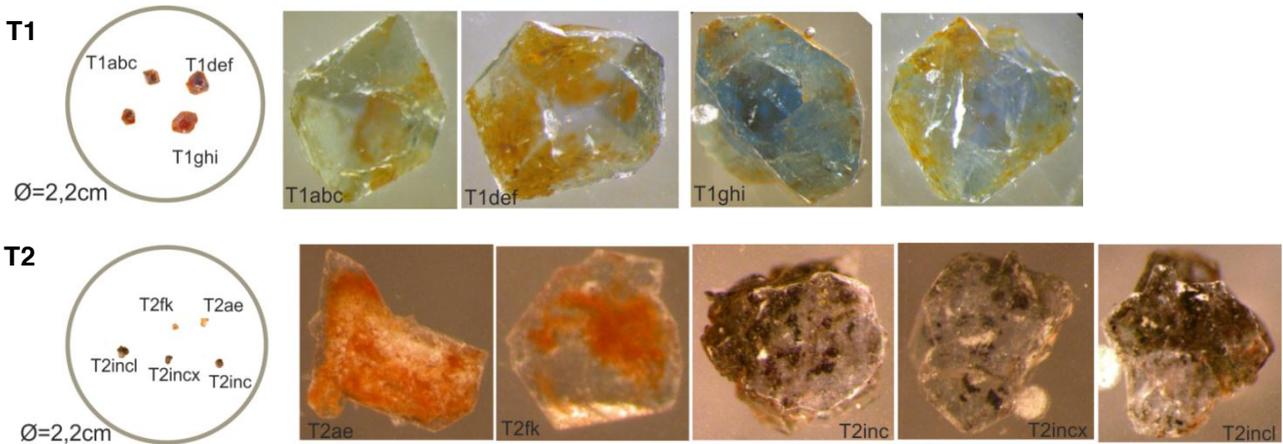


**Figura V.85.** Imagem em Lupa Binocular da superfície polida da arsenopirite analisada do EMA de Penedono ( $\varnothing=1\text{cm}$ ), sulfureto parcialmente recoberto com scorodite pulverulenta de tons claros e tons azuis, típicos deste EMA (exemplar cedido por T.Valente).

Os cristais de Tibães foram organizados em dois provetes: **T1** com 4 cristais euédricos, azuis, de grande tamanho e zonamento irregular (**Figura V.83**, T1ac, T1dg, T1hj); **T2** com 2 cristais alaranjados e levemente zonados (**Figura V.83**, T2ae, T2fk), e 3 cristais com inclusões de sulfuretos ou óxidos indiferenciáveis (**Figura V.83**, T2inc, T2incx, T2incl).

As composições dos cristais do Proвете T1 mostraram bons fechos analíticos, elevados conteúdos de  $\text{As}_2\text{O}_5$  (>49,5%) e de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (>35,5%) (**Tabela V. 41**). Entre os conteúdos vestigiais mais significativos está o  $\text{P}_2\text{O}_5$  com variações de 0,9 a 0,2%. Em todos os cristais, se detectaram conteúdos de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{PbO}$ . Nestes cristais o conteúdo de  $\text{Au}_2\text{O}$  pode

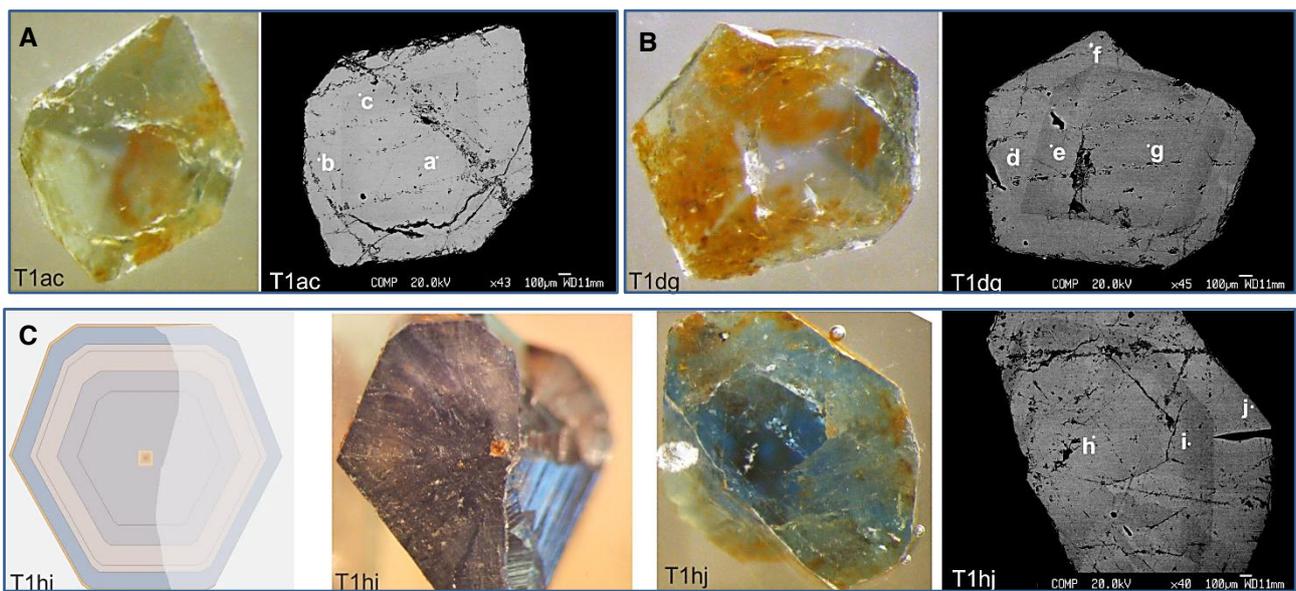
ser elevado (até 0,14%). Salienta-se que não se detectaram conteúdos de  $\text{In}_2\text{O}_3$  nestes cristais maiores de scorodite de Tibães.



**Figura V.86.** Provetes com cristais de scorodite de Tibães ( $\varnothing=2.2\text{cm}$ ), imagens em Lupa Binocular: **T1** - 4 cristais grandes de scorodite euédrica azul com leve zonamento; **T2** - 2 cristais compósitos, alaranjados zonados e 3 cristais com inclusões variadas.

Na **Figura V.87** apresentam-se imagens MEV-ER de alguns cristais do provete T1, pondo-se em evidência padrões concêntricos de zonalidade que deverão depender da variação dos conteúdos de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (geralmente mais altos nas bandas de maior contraste).

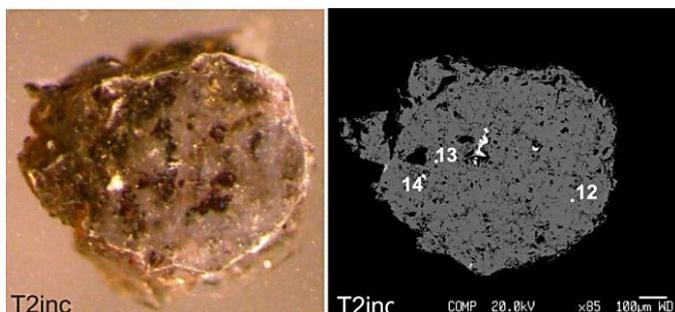
Em imagens à Lupa Binocular destacou-se um núcleo ocre no cristal T1hj, bem como pátinas de hidróxidos de Fe nos restantes cristais (**Figura V.87C**). Estes não se vieram a discriminar nas imagens MEV-ER, possivelmente por terem sido removidos nas operações de desbaste e polimento do provete.



**Figura V.87.** Cristais grandes de scorodite de Tibães: **A e B** - imagens em Lupa Binocular e MEV-ER, com marcação dos pontos de análise (**Tabela V. 41**); **C** - ilustração transversal dos zonamentos e núcleo de um cristal fracturado, imagens em Lupa Binocular antes e depois do polimento e imagem MEV-ER com a marcação dos pontos de análise (correspondência na **Tabela V. 41**).

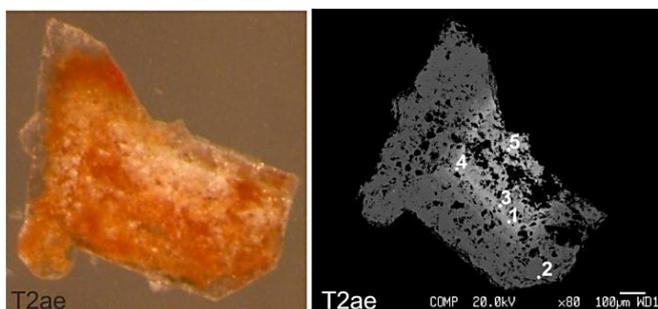
Relativamente aos cristais com inclusões, do provete T2, pode constatar-se a ausência de zonalidade (**Figura V.88**) e, bem assim, a inexistência de  $P_2O_5$ , reforçando a importância deste elemento no zonamento das scorodites.

Foram identificadas inclusões de sulfuretos de Cu (14 na imagem MEV-ER), tratando-se possivelmente uma covelite ( $CuO > 64\%$ ). Na composição daquela fase, reconheceram-se conteúdos de  $Au_2O$  ( $Au_2O > 0,04\%$ ) que também se verificam na composição da scorodite ( $Au_2O > 0,07\%$ ) (**Tabela V. 41**).



**Figura V.88.** Cristal de scorodite com inclusões de sulfuretos, amostra de Tibães (Provete T2). Imagens em Lupa Binocular e MEV-ER, marcação dos pontos de análise (T2inc na **Tabela V. 41**)

Os cristais alaranjados do provete T2 mostram zonamento pronunciado separando-se um núcleo muito mais rico em In e um bordo apenas com conteúdos vestigiais deste elemento (**Figura V.89**, cristal T2ae). A composição do núcleo inscreve-se na série scorodite-yanomamite, referida anteriormente para a amostra T2 no I Programa analítico (ver atrás **Figura V.78B**). Este carácter zonado reconhece-se nas imagens de contraste de fase (**Figura V.89** e **Figura V.90**), sendo aqui também perceptível uma zonalidade de tipo oscilatório a afectar o núcleo de yanomamite.



**Figura V.89.** Cristal composto de scorodite - yanomamite de Tibães (Provete T2). Imagem em Lupa Binocular e MEV-ER, com marcação dos pontos de análise (**Tabela V. 41** T2a1 a T2e5, equivalentes aos pontos 1 a 5 na imagem MEV-ER)

O núcleo do cristal composto apresenta conteúdos de  $In_2O_3$  de 8,03 a 47,68% (**Tabela V. 41**, T2e 9 - 5). O bordo do cristal corresponde a uma scorodite com conteúdos vestigiais de  $In_2O_3$  (0,62 - 0,01%).

Em ambas as fases detectaram-se conteúdos de ZnO até 0,17% (**Tabela V. 41**, T2b-2), que não se tinham ainda verificado nas restantes scorodites de Tibães (**Tabela V. 41**). Pode admitir-se que se trata de um conteúdo herdado de uma blenda primordial que é incluído nas fases neoformadas, sem se reconhecer uma afinidade específica.

As análises pontuais (**Tabela V. 41**, T2a-k) revelam uma relação directamente proporcional entre  $P_2O_5$  e  $In_2O_3$ . Para a yanomamite o  $P_2O_5$  está presente em conteúdos mais altos nas bandas de maior contraste, o valor mais alto é de 6,27% (**Tabela V. 41**, T2e5). Para conteúdos de  $In_2O_3$  mais baixos, de 8,03% o conteúdo de  $P_2O_5$  é de 1,78% (**Tabela V. 41**, T2k11).

As imagens e mapa de RX da Figura IV.16 e IV.17 permitem considerar duas situações: um núcleo de yanomamite corroído e uma scorodite, tardia, que preenche a corrosão e cristaliza epitaxialmente.

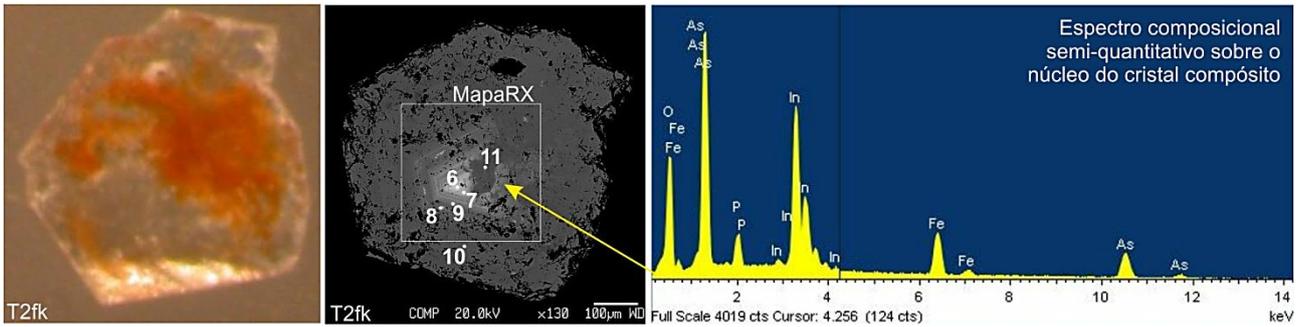


Figura V.90. Cristal composto de scorodite - yanomamite de Tibães (Provete T2). Imagem em Lupa Binocular e MEV-ER, com marcação dos pontos de análise (Tabela V. 41 T2f6 a T2k11, equivalentes aos pontos 6 a 11 na imagem MEV-ER). Espectro semi-quantitativo MEV-DE, para discriminação das fases presentes no núcleo do cristal.

O fenómeno de precipitação tardia, mais impressionante no cristal T2fk da Figura V.90, pode ser interpretado mediante os conteúdos de  $Fe_2O_3$  e  $SO_3$  (Tabela V. 41, T2k-11) de uma scorodite distinta no bordo e núcleo (análises pontuais no bordo do cristal, Tabela V. 41, T2j-10). O fenómeno fica esclarecido com o mapa RX para o cristal T2fk (Figura V.91) em que se reconhece a variação dos elementos In, Fe, As, P e Al.

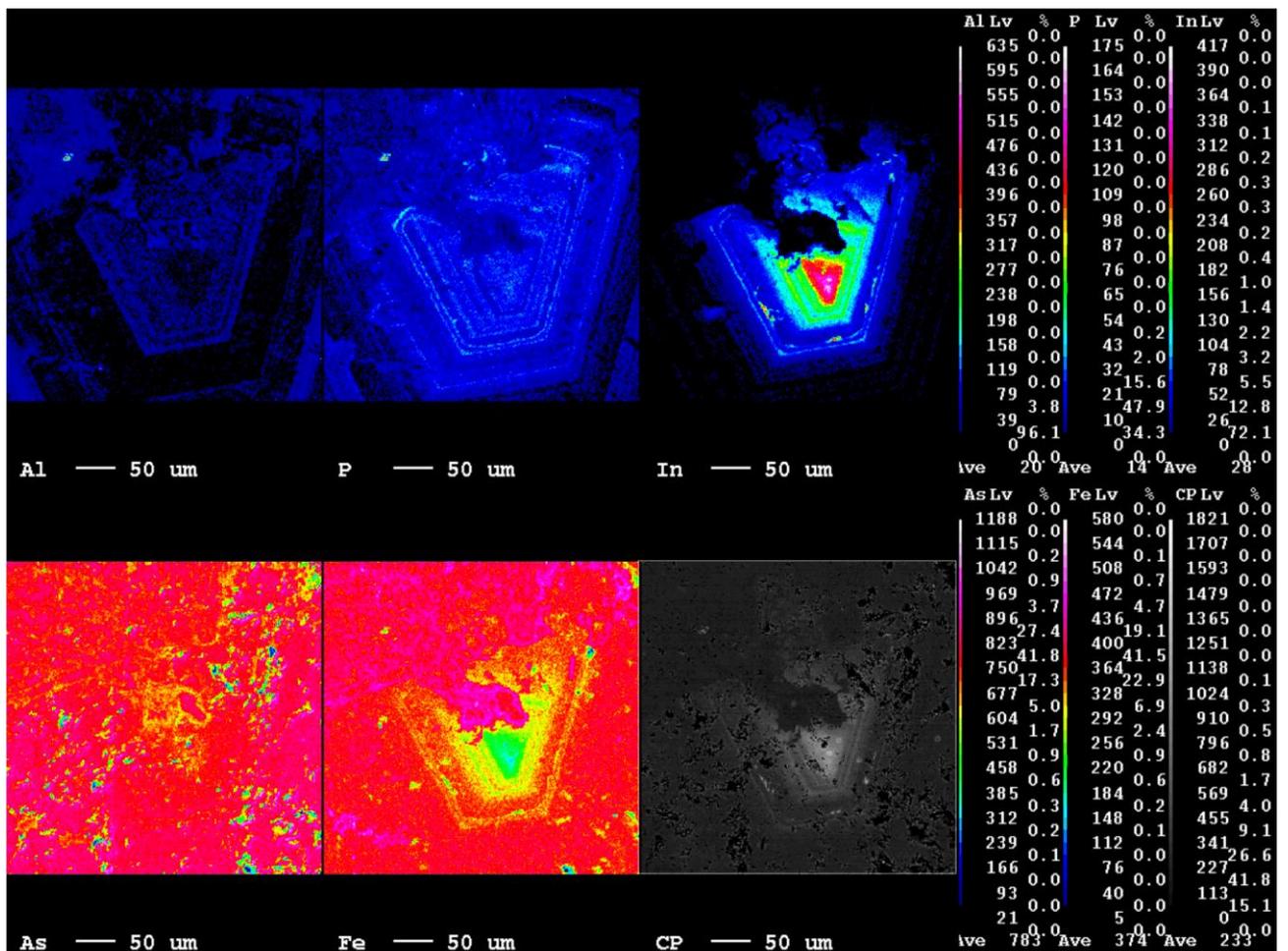
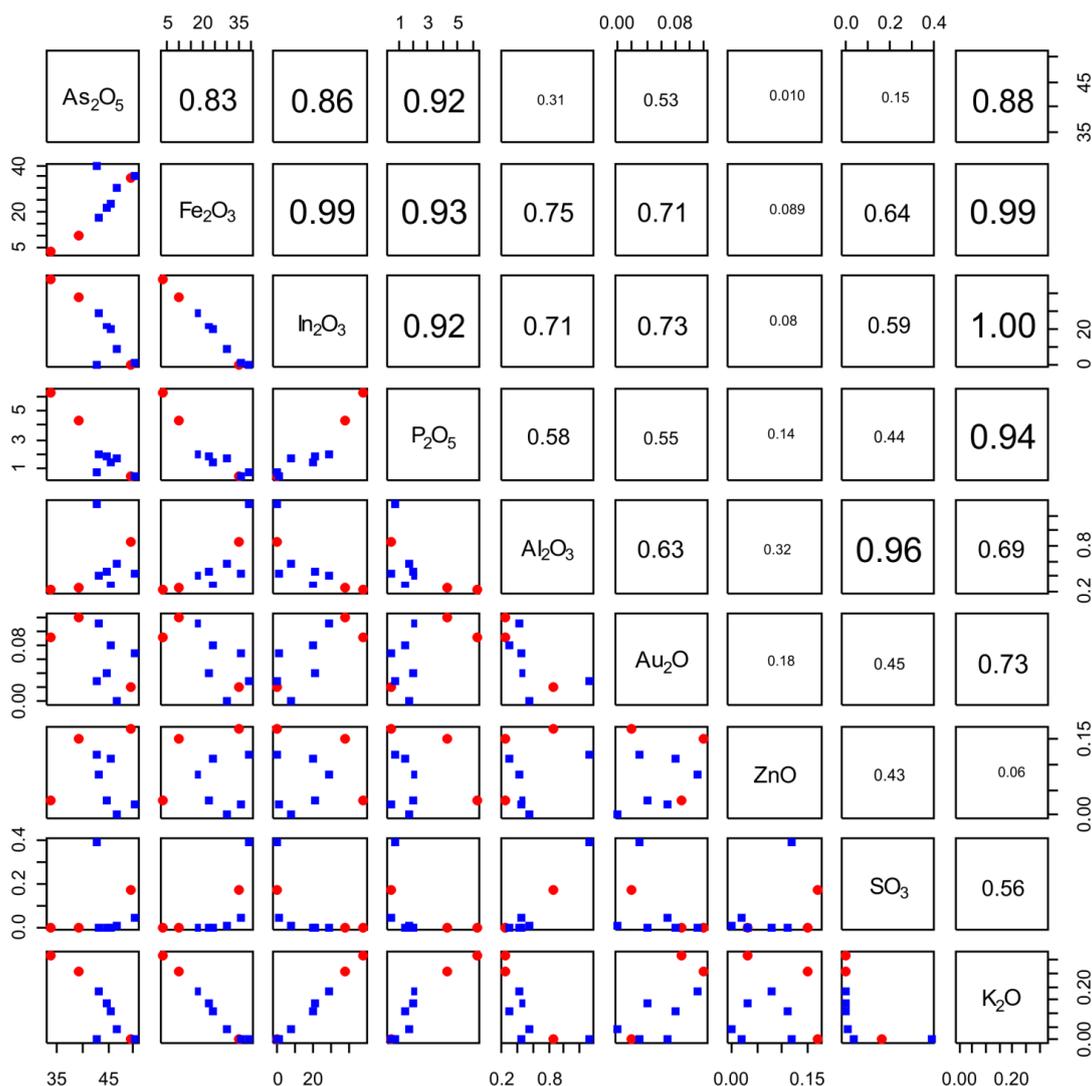


Figura V.91. Mapas de difração de Rx obtidos em MSE, representativos da zonalidade composicional concêntrica em que intervêm In, Fe, P e Al, reconhecida na associação scorodite-yanomamite no cristal T2fk de Tibães.

A matriz de correlação da **Figura V.92** expressa a relação entre as concentrações de {  $\text{As}_2\text{O}_5$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ;  $\text{In}_2\text{O}_3$ ;  $\text{P}_2\text{O}_5$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{Au}_2\text{O}$ ;  $\text{ZnO}$ ,  $\text{SO}_3$ ;  $\text{K}_2\text{O}$  } determinados na associação scorodite – yanomamite nos cristais, em que é possível observar:

- 1) correlações positivas fortes ( $r > 0,80$ ) entre:  $\text{As}_2\text{O}_5$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ;  $\text{In}_2\text{O}_3$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$ ;  $\text{In}_2\text{O}_3$  e  $\text{K}_2\text{O}$ ;  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{SO}_3$ ;
- 2) correlações negativas fortes ( $r > 0,80$ ) entre:  $\text{As}_2\text{O}_5$  e  $\text{In}_2\text{O}_3$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{In}_2\text{O}_3$ ;  $\text{As}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{K}_2\text{O}$ ;
- 3) correlações fracas ( $r < 0,80$ ) entre o  $\text{Au}_2\text{O}$  e  $\text{In}_2\text{O}_3$ ;  $\text{K}_2\text{O}$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ;
- 5) correlações sem significado entre  $\text{ZnO}$  e outros elementos.



**Figura V.92.** Matriz de correlação do conjunto dos conteúdos composicionais { $\text{As}_2\text{O}_5$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ;  $\text{In}_2\text{O}_3$ ;  $\text{P}_2\text{O}_5$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{Au}_2\text{O}$ ;  $\text{ZnO}$ ,  $\text{SO}_3$ ;  $\text{K}_2\text{O}$ } obtidos em MSE em cristais compostos scorodite – yanomamite de Tibães. LEGENDA: **círculos vermelhos** – conteúdos relativos ao cristal T2ae; **quadrados azuis** – conteúdos relativos ao cristal T2fk (conteúdos em wt%).

As observações anteriores e a matriz de correlação (**Figura V.92**) sugerem: **1)** Associação entre os arsenatos: scorodite [ $\text{FeAsO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ], yanomamite [ $\text{InAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ] e farmacosiderite [ $\text{KFe}_4(\text{AsO}_4)_3(\text{OH})_4 \cdot 6-7\text{H}_2\text{O}$ ]; **2)** Influência pouco expressiva do quimismo herdado de sulfuretos primários, como arsenopirite e blenda; **3)** Coeficiente de correlação mais fortes ( $r \geq 0,99$ ) entre os elementos In, Fe e K que indicam maior afinidade química e eventual substituição diadócica na estrutura cristalina das fases minerais que representam.

### V.2.2.3. IV Programa - Análise de conteúdos vestigiais

A compreensão da associação mineral scorodite – yanomamite constituiu o principal objectivo do IV Programa Analítico. Foram seleccionadas no EMa de Tibães amostras de scorodite em associação com farmacosiderite, sulfuretos (pirite, arsenopirite, blenda e covelite). A yanomamite não tem discriminação macroscópica. A relação paragenética que mostra com aqueles minerais reconhecidos nos programas anteriores, pode considerar-se critério de ocorrência.

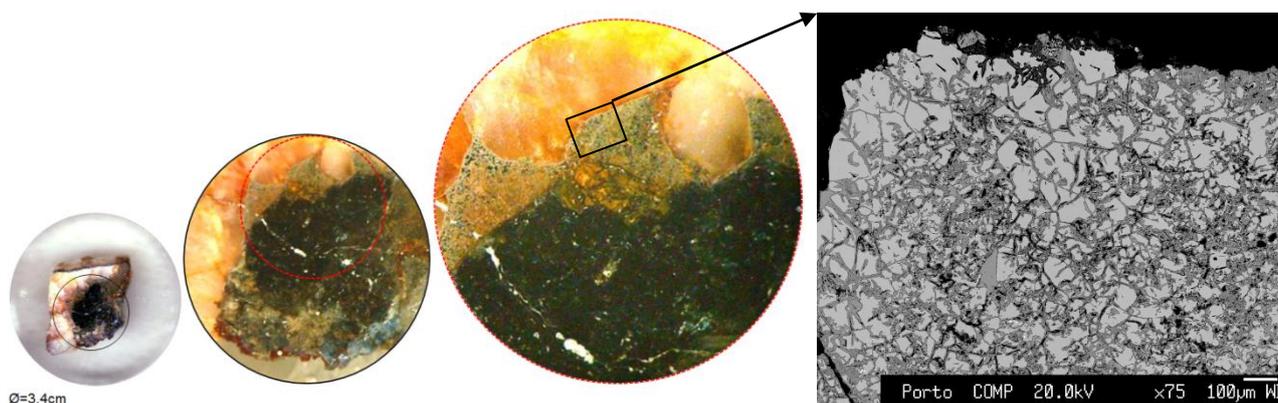
Os principais aspectos morfológicos e composicionais das amostras em apreço (Tabela V. 42) incluem:

- TG** - crustificação de scorodite maciça, azul-escura (5B5/6 - 10B3/4), sobre pirite cataclástica de textura penetrativa, a scorodite apresenta uma pátina de goethite, as terminações da pirite estão visivelmente alteradas, a zona de interface scorodite - pirite está ilustrada na **Figura V.93**, ambas as fases – sulfureto e arsenato - apresentam muitas inclusões e fracturas preenchidas por fases tardias indefinidas;
- TF** - crustificação de scorodite azul (5B6/6) + farmacosiderite esverdeada (5BG4/4) + goethite alaranjada (10YR5/4), com protuberancias de scorodite em roseta e terminações cúbicas de farmacosiderite; sobre estas observou-se uma cobertura de agregados goethíticos botrioidais; esta amostra não foi polida, realizaram-se imagens MEV – electrões secundários (ES) sobre a superfície e análise semi-quantitativa, MEV-DE, para discriminação das fases cripto-cristalinas que recobriam a scorodite e farmacosiderite;
- TC** - scorodite maciça, azul esverdeada (5BG6/6 - 5BG4/4), com intercrescimentos filamentosos de covelite (identificados à Lupa Binocular) e inclusões dispersas na matriz de scorodite e covelite; reconheceram-se ainda secções de blenda em contacto com a scorodite.

**Tabela V. 42** - Caracterização cromática, associações minerais e análise quantitativa (MSE – IV Programa) de scorodites e outros arsenatos de Tibães: Parâmetros expeditos: cor predominante, índice de Munsell (**MUN**); principais associações minerais e inclusões (**ASS/INC**) pirite (PIR), goethite (GOE); farmacosiderite (FARM); covelite (COV); rooseveltite (ROO); não se verificou ou quantificou (-); composições correspondentes a yanomamites (sombreado claro); composições correspondentes a Ba-farmacosiderite (sombreado escuro).

Amostra	MUN	ASS/ INC	Micro- Análise	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	In <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Au <sub>2</sub> O	ZnO	PbO	BaO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CuO	Ag <sub>2</sub> O	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	WO <sub>3</sub>	CoO	SnO <sub>2</sub>	Total	
TG	5B5/6 10B3/4	PIR+ GOE	TG1	40,3	29,8	0,17	1,94	0,65	0,01	0,05	8,25	-	3,99	-	4,55	0,03	0,41	0,30	0,04	0,17	90,7	
			TG2	50,6	36,4	0	0,29	0,18	0	0,05	0	-	0,01	-	0	0,01	0	0	0,04	0,006	87,5	
			TG3	46,4	37,6	0,02	1,40	0,02	0,04	0,01	0,05	-	0,49	-	0,02	0	0,09	0,07	0,04	0	86,2	
			TG4	50,7	36,0	0,02	0,24	0,03	0,07	0,01	0	-	0	-	0	0,02	0	0	0,03	0	87,2	
			TG5	37,4	40,1	0,01	1,40	0,23	0,14	0,07	0,04	-	1,21	-	0	0,01	0,06	0	0,04	0	80,7	
			TG6	48,2	37,3	0,02	2,01	0,08	0	0,03	0,12	-	0,13	-	0,05	0	0,02	0	0,05	0	88,0	
	ROO	TG11	19,3	4,3	0,08	1,77	0,07	0,09	0,07	0,62	-	0,37	-	0,06	0,02	68,41	0,00	0,002	0,00	95,2		
		TG12	16,0	2,3	0,12	3,05	0,00	0,00	0,04	0,46	-	0,32	-	0,09	0,04	68,82	0,00	0,000	0,00	91,3		
	Arst?	TG13	12,6	23,0	1,64	9,12	3,51	0,05	0,25	19,28	-	1,66	-	0,11	0,00	4,78	0,11	0,011	6,64	82,7		
		TG14	19,0	27,5	0,31	4,14	0,74	0,00	0,08	21,68	-	1,30	-	0,23	0,00	4,73	0,00	0,022	2,91	82,7		
		TG15	15,6	22,4	1,71	5,68	1,51	0,06	0,20	18,22	-	1,47	-	0,21	0,00	3,78	0,00	0,004	16,61	87,4		
		TG16	16,7	24,7	0,81	6,25	1,38	0,10	0,15	21,20	-	1,36	-	0,19	0,00	3,84	0,00	0,000	6,69	83,4		
	TF	5B6/6 5BG4/4	FARM +GOE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TC	5BG6/6 - 5BG4/4	YNM+ FARM +COV	TC1	50,9	36,1	0	0,07	0	0	0,13	0	0	0	-	0	0	0,002	0	0,02	0	87,2
				TC2	40,4	37,3	0	0,03	0	0	0	0,01	8,54	0,02	-	0	0	0,03	0	0,05	0	86,5
				TC3	48,6	30,4	12,13	0	0	0	0,43	0,02	0	0,10	-	0	0,02	0	0,13	0,03	0	91,8
TC4				44,5	16,2	32,44	0,43	0,10	0,01	0,27	0	0	0,04	-	0	0	0	0,03	0	0	94,0	
TC5				44,3	5,4	46,30	0,24	0,73	0	0,21	0	0	0,09	-	0	0	0,03	-	0,03	0	97,3	
TC6				51,0	40,0	0,27	0,03	0	0,01	0,04	0	0	0,01	-	0	0,004	0,01	0,06	0,04	0	91,5	
TC7				49,9	39,7	0,37	0,05	0	0	0,12	0	0	0	-	0,02	0	0	0	0,02	0	90,1	
TC8				48,7	31,4	11,86	0	0	0,03	0,29	0,03	0	0,20	-	0	0	0,02	0,05	0,02	0	92,5	
TC9				42,8	6,0	43,04	0,26	0,75	0,07	0,19	0	0	0,39	-	0,04	0	0,02	0,17	0	0	93,7	
TC10				46,4	26,3	16,93	0,36	1,35	0,02	0,16	0,11	0	0,10	-	0	0,01	0,03	0	0,03	0	91,8	
TC11				45,8	44,5	0,04	0,04	0	0	0,07	0,08	10,08	0,04	-	0,73	0,01	0,02	0	0,03	0	101,4	
TC12				47,1	50,5	0,05	0,06	0	0	0,10	0,02	9,00	0,01	0,15	0,40	0,02	0,05	0	0,07	0	107,6	
TC13				42,9	38,4	0,01	0	0	0	0	0	8,55	0,04	1,09	0,01	0	0,05	0	0,07	0	91,1	

Na amostra TG observaram-se texturas de substituição entre pirite e scorodite (**Figura V.93, Figura V.94A,B**). A pirite surge fortemente cataclásada com vazios e fracturas preenchidos por scorodite. Em análises pontuais reconheceu-se que as secções de scorodite na matriz cataclásica da pirite apresentava conteúdos mais altos de  $As_2O_5 > 50\%$  (TG2 e TG4, **Tabela V. 42**). As scorodites desenvolvidas na bordadura da pirite e ao longo das fracturas são muito porosas e sugerem morfologias venulares, composicionalmente mais complexas, com piores fechos analíticos, que poderão estar associados a valores mais altos em  $H_2O (> 24\%)$  ou a conteúdos não detectado, eventualmente herdados da pirite (TG5, **Tabela V. 42**).



**Figura V.93.** Fragmento de quartzo com pirite e crustificação de scorodite (provette  $\varnothing=3,4\text{cm}$ ). Fotografias da superfície polida em Lupa Binocular, na zona de interface sulfureto - arsenato. Imagem MEV-ER da pirite cataclásada (fase clara) preenchida por scorodite (fase escura).

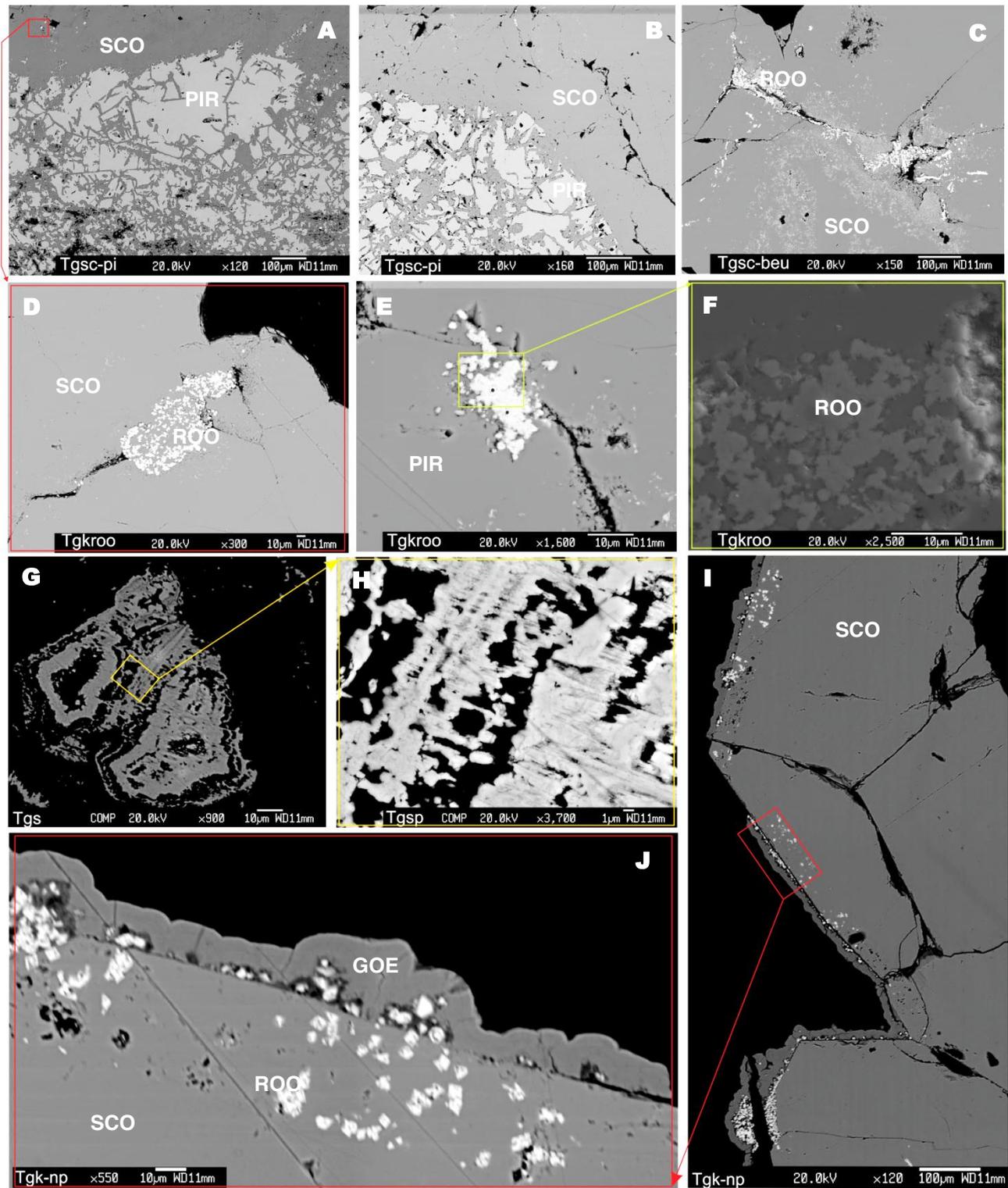
Na composição das pirites o conteúdo de Fe e de elementos vestigiais como As, Bi e In é variável. Destaca-se nas secções mas estreitamente associadas à scorodite (TG7-TG8, **Tabela V. 43**) foi detectado o conteúdo de In até 0,01%.

**Tabela V. 43.** Análise quantitativa (MSE) de pirites - amostra TG (EMA de Tibães). O programa incluiu ainda a determinação dos seguintes conteúdos que não foram detectados: Pb, Hg, Sc, V, Sb.

	S	Fe	In	As	Au	Zn	Co	Cu	Ag	Bi	W	Sn	Cr	Mn	Ni	Cd	Ta	Total
TG7	53,6	44,9	0,011	0,01	0	0	0,07	0	0	0,13	0	0	0	0	0	0	0	98,8
TG8	54,1	44,8	0,008	0,16	0,03	0,02	0,08	0,03	0	0,23	0	0	0,01	0	0,06	0	0,01	99,5
TG9	53,6	45,6	0	0,23	0,04	0	0,06	0	0	0,12	0,04	0,02	0,01	0,02	0	0,03	0,06	99,8
TG10	53,2	45,4	0	0,15	0	0	0,06	0,01	0,01	0,16	0,03	0	0,01	0,03	0,05	0,05	0	99,0

No interior da pirite e na scorodite identificaram-se inclusões de maior contraste que apresentavam altos conteúdos de As e  $Fe > Pb$ , possivelmente correspondentes a uma beudantite  $[PbFe_3(AsO_4)(SO_4)(OH)_6]$ . Estas inclusões de arsenatos-sulfatos revelaram ainda conteúdos significativos de Cu e S (TG1, **Tabela V. 42**).

Em imagens MEV-ER reconheceram-se inclusões de arsenatos de Bi de secção anédrica a euédrica e preenchendo fracturas tanto na scorodite como na pirite (**Figura V.94 C,D,E,F, I e J**). A composição desta fase poderá corresponder a uma rooseveltite  $[Bi(AsO_4)]$ , incluindo Fe e P e ainda, de forma vestigial In (TG11 e TG12, **Tabela V. 42**). As inclusões do arsenato de In encontram-se no bordo de cristais de scorodite, ocorrendo sob a forma de secções euédricas eventualmente em desequilíbrio. Paralelamente a estas secções, podem observar-se poros que poderão testemunhar uma dissolução e eventual migração do arsenato de Bi para o exterior da scorodite. Nas imagens MEV-ER (**Figura V.94 I e J**) é visível o efeito de bloqueio imposto pela goethite com crescimento botrioidal e textura colórfmica típica.



**Figura V.94.** Aspectos texturais e inclusões na associação pirite - scorodite - goethite. Imagens de contraste de fases (MEV- ER) obtidas na amostra TG (EMa de Tibães). **A e B** – Pirite (PIR) cataclásica preenchida por scorodite (SCO), em **A** o contraste foi alterado para reconhecimento de inclusões; **C** – rooseveltite (ROO) em fracturas da scorodite; **D** – pormenor de **A**, rooseveltite incluída na scorodite; **E** – rooseveltite incluída ou sobre pirite; **F** – pormenor de **E**, imagem MEV-ES da rooseveltite, em agregados esféricos; **G** – figuras de corrosão da scorodite; **H** – pormenor de **G**, aspecto zonado da superfície do arsenato (mapas RX da **Figura V.95**); **I** – Inclusões de rooseveltite de tendência euédrica, dispersas na bordadura da scorodite, *truncadas* pela pátina de goethite (GOE) botríoidal e textura colofórmica típica; **J** – pormenor de **I**, interface scorodite – goethite com inclusões do arsenato de Bi, possível difusão na scorodite. Áreas mais escuras correspondem a vazios.

Na **amostra TG** reconhecem-se texturas de substituição e inclusões com carácter difuso. Estas sugerem fenómenos de dissolução e subsequente reprecipitação, oxidação, hidroxilação ou hidratação e, possivelmente, difusão no estado sólido, ilustrada pelas secções de arsenato de Bi no bordo da scorodite (**Figura V.94 I e J**).

Na mesma amostra, algumas superfícies de scorodite apresentam uma textura complexa, levemente zonada (Figura V.94 G e H), com contraste composicional bem marcado em mapas de dispersão de Rx (Figura V.95).

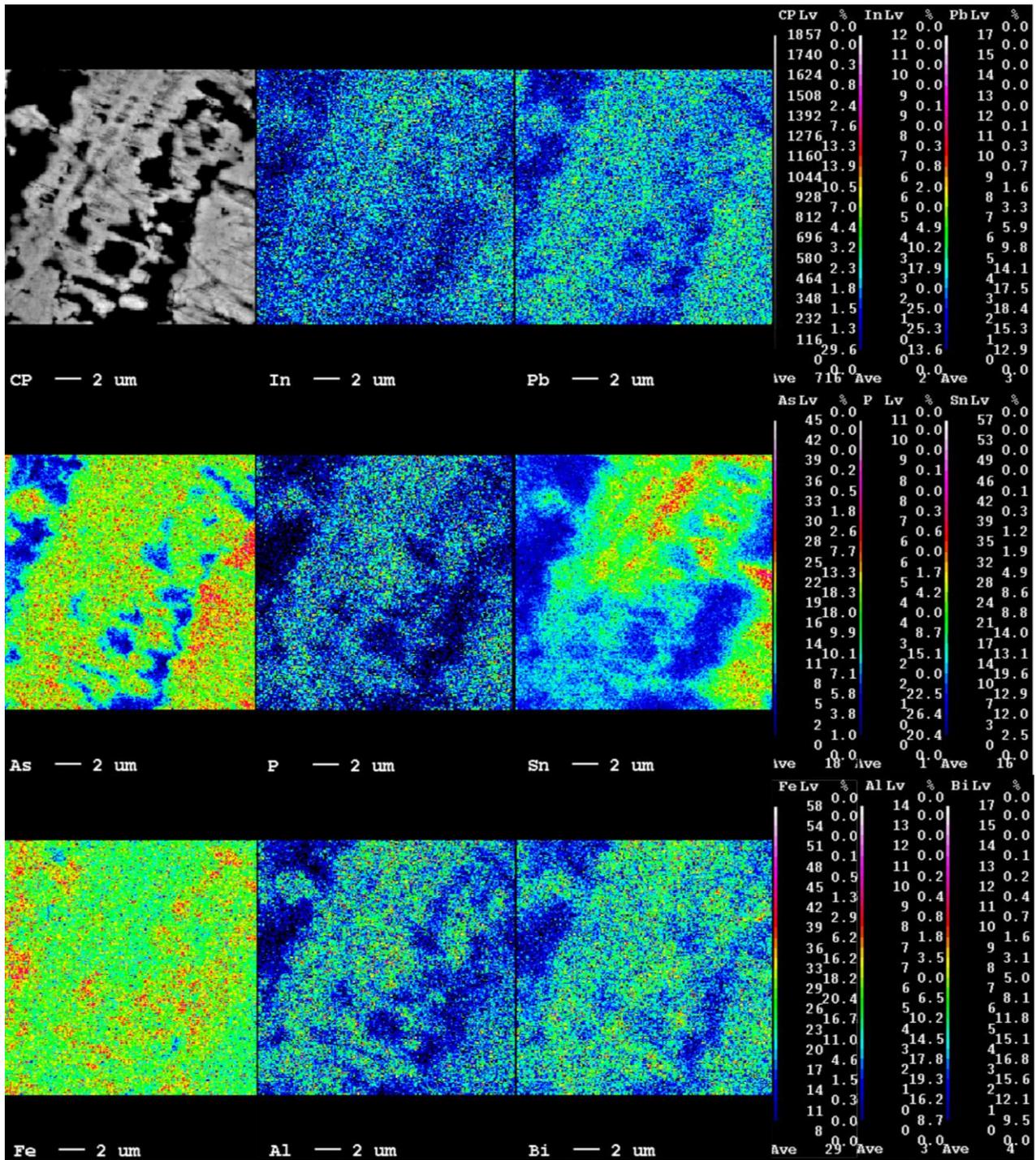


Figura V.95. Zonalidade composicional na interface scorodite - pirite. Mapas de difração de Rx obtidos em MSE, variação dos conteúdos de In, Pb, As, P, Sn, Fe, Al e Bi, amostra TG do EMA de Tibães.

As determinações analíticas das fases ilustradas na Figura V.95 sugerem tratar-se de um arseno-fosfato de  $Fe > Pb \gg Sn > Bi$ , com conteúdos vestigiais de In (até 1,7%) (TG15, Tabela V. 42). Às análises pontuais com valores mais altos de 19% de  $As_2O_5$  correspondem a conteúdos mais baixos em  $SnO_2$  (até 2,91%) (TG14, Tabela V. 42). Os conteúdos mais altos em  $SnO_2$  (até 16,61%) correspondem a conteúdos mais altos em  $In_2O_3$  (até 1,71%) (TG15, Tabela V. 42).

Os resultados obtidos para a amostra TG são indicadores da capacidade de sequestro químico por parte da scorodite, com diversos conteúdos vestigiais que poderão ser herdados tanto dos sulfuretos primários como de fases neoformadas. Também sugerem a capacidade de aprisionamento de fases que veiculam conteúdos de  $\text{In}_2\text{O}_3 > 1\%$ .

A amostra TF corresponde a uma crustificação scorodítica com farmacosiderite + goethite. A scorodite, macroscopicamente anédrica, apresenta protuberâncias cristalinas de farmacosiderite (cubos), pontualmente recobertas por pátinas goethíticas botrioidais. A identificação e discriminação das fases fez-se em MSE, com recurso a espectros composicionais semi-quantitativos, em análise directa sobre a crosta. Identificaram-se conteúdos altos em Ba, tratando-se assim da variedade Ba-farmacosiderite. Sobre os cristais euédricos protuberantes identificaram-se agregados de jarosite (Figura V.96). Nenhuma das fases na análise na crosta scorodítica, mostrou conteúdos de In.

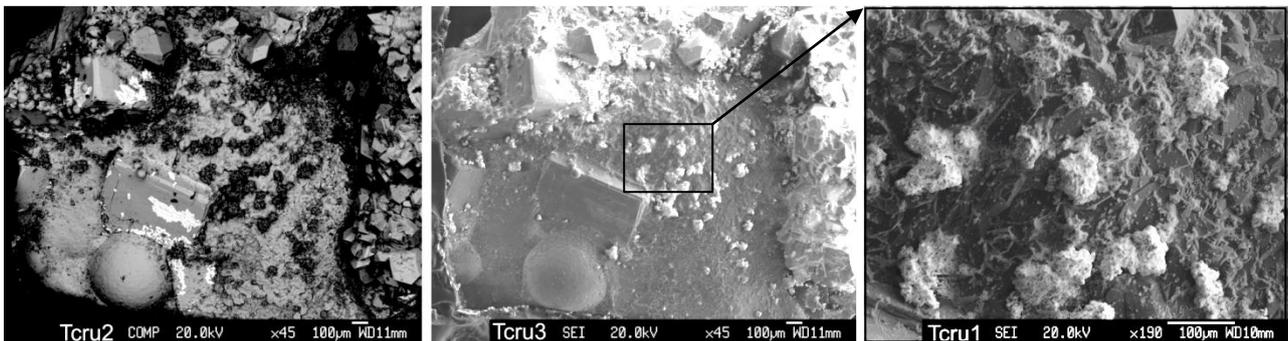


Figura V.96. Aspecto morfológico superficial de uma crustificação scorodítica com Ba-farmacosiderite, hidróxidos de Fe (amostra TF do EMA de Tibães). Imagens de MEV (electrões secundários e electrões retrodifundidos).

A amostra TC apresenta igualmente scorodite e farmacosiderite envolvendo sulfuretos muito alterados (arsenopirite e blenda e covelite). A blenda, relativamente frequente em Tibães, mostra-se parcialmente substituída por calcopirite (“*chalcopyrite disease*”), com bordos de reacção pronunciados e desenvolvimento de covelite (Figura V.97).

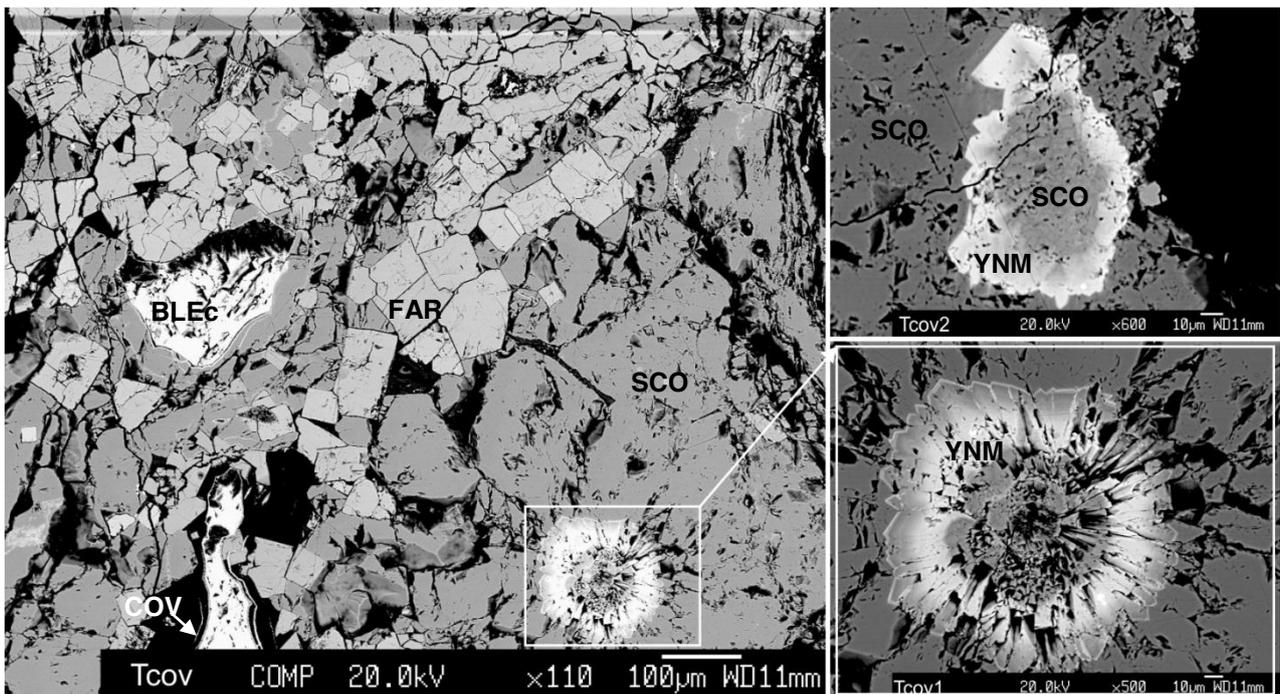
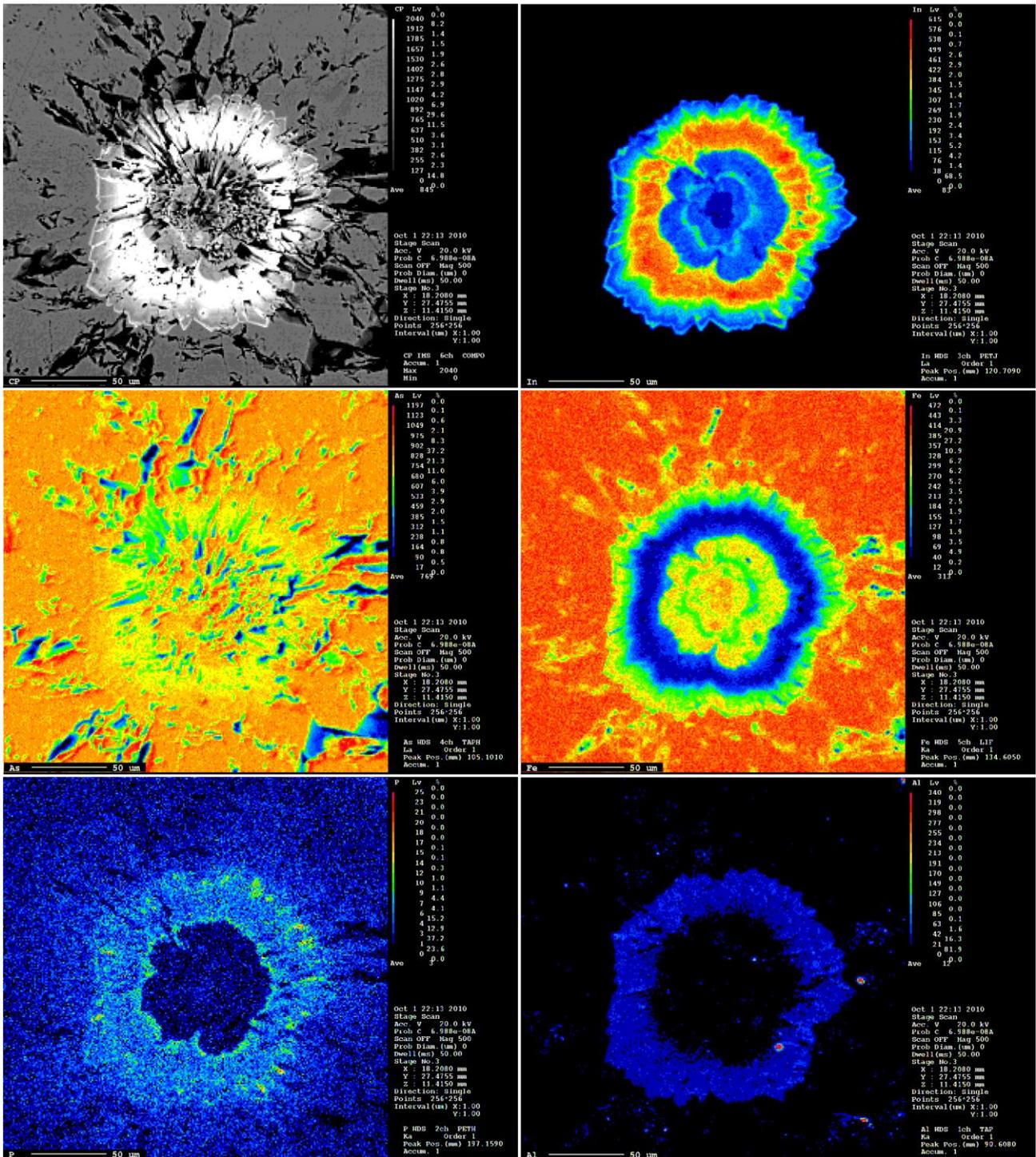


Figura V.97. Inclusões de agregados cristalinos em roseta da associação scorodite – yanomamite (SCO - YNM) em matriz scorodítica, intercrecida com farmacosiderite (FAR); secções muito alteradas de blenda com *chalcopyrite disease* (BLEc) e orlas de covelite (COV), as áreas mais escuras representam vazios, imagens de contraste de número atómico em MEV-ER.

Os espectros composicionais adquiridos em MEV para a blenda, a calcopirite e a covelite mostraram picos de Zn, Cu e S bem marcados. Ainda se detectaram picos de As e Fe, sugerindo uma relação com arsenopirite e scorodite.

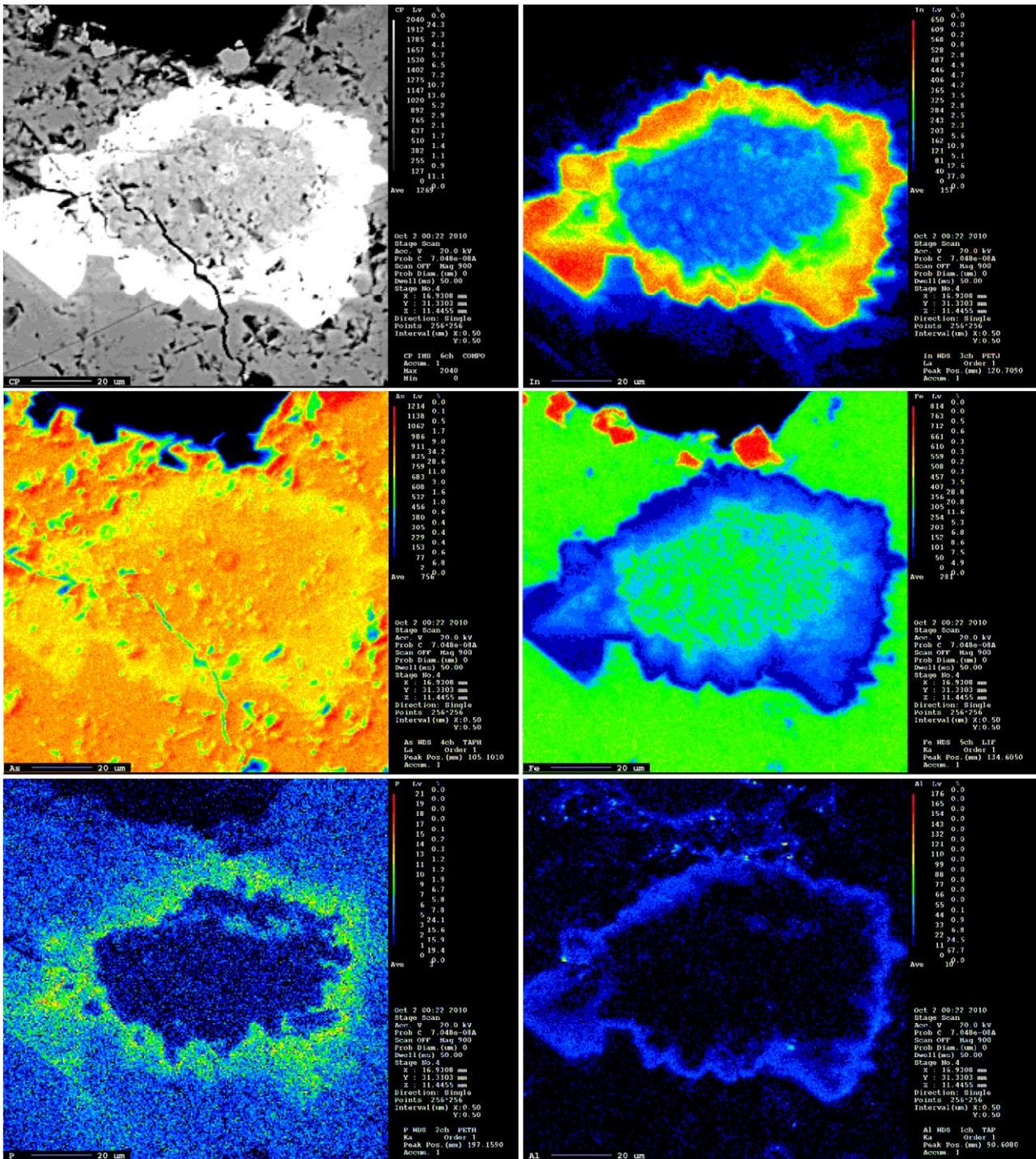
Como se ilustra na **Figura V.97**, a matriz scorodítica é bastante porosa com sulfuretos relíquia e inclusões euédricas de farmacosiderite. Destacam-se na matriz rosetas de arsenatos que incluem os termos scorodite e yanomamite da solução sólida (**Figura V.97**). Na yanomamite, os conteúdos de  $\text{In}_2\text{O}_3$  alcançam 47,7%. Nestes agregados é possível reconhecer zonalidades concêntricas com variação oscilatória do enriquecimento em In, bem expressas nos mapas de distribuição de elementos por Rx (**Figura V.98**).



**Figura V.98.** Mapas de difração de Rx obtidos em MSE, representativos da zonalidade composicional de uma roseta de scorodite - yanomamite, variação dos elementos In, As, Fe, P e Al, amostra TG do EMA de Tibães.

Os mapas da **Figura V.99** ilustram uma roseta similar, com menor desenvolvimento epitáxico. Nestes mapas Rx os conteúdos vestigiais de Al e o P acompanham a tendência de distribuição do In (**Figura V.98** e **Figura V.99**). Também são mais elevados os conteúdos de Zn, com valores próximos de 0,5%, sendo os mais altos detectados no conjunto dos arsenatos investigados. Este facto pode sugerir a influência da blenda no desenvolvimento das rosetas.

Na matriz envolvente os conteúdos de In são baixos, a concentração não ultrapassa 0,37%. Também a concentração de Zn detectada é baixa, até 0,12%.

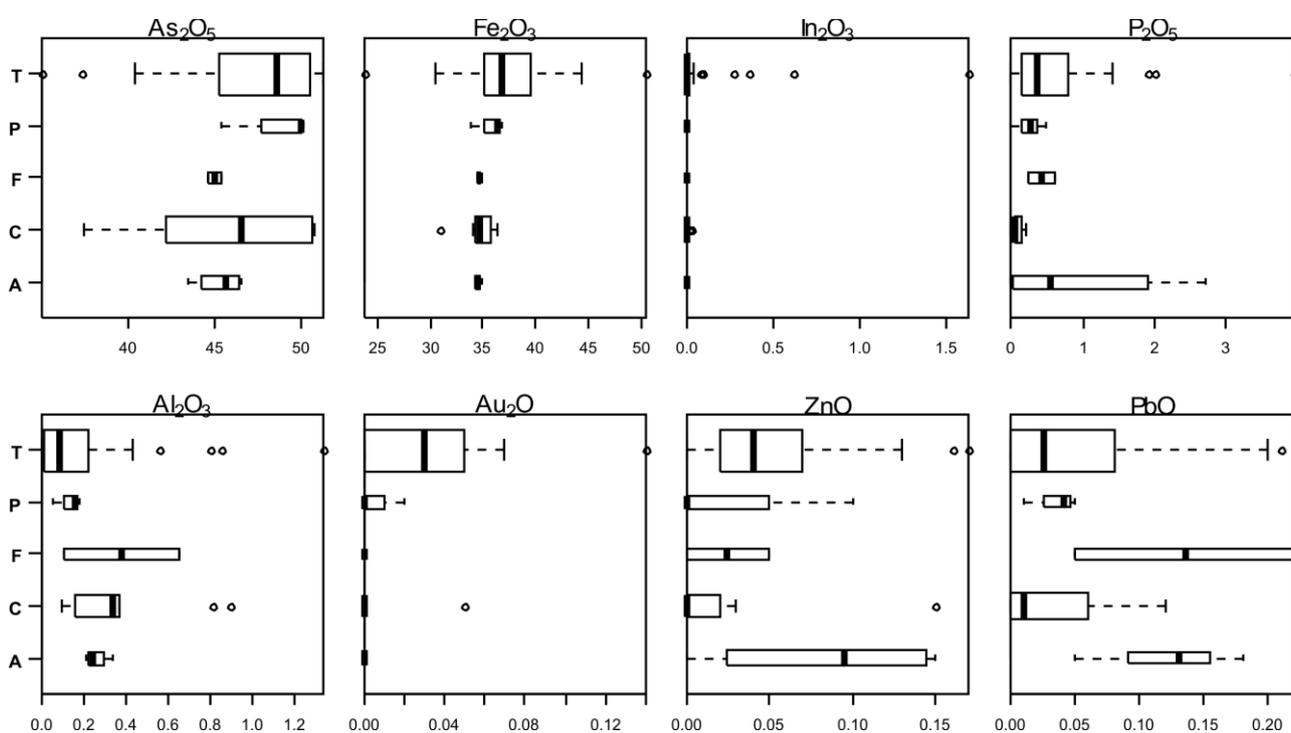


**Figura V.99.** Mapas de difração de Rx obtidos em MSE, representativos da zonalidade composicional de um agregado cristalino de scorodite-yanomamite, variação dos elementos In, As, Fe, P e Al, amostra TG do EMA de Tibães.

#### V.2.2.4. Integração dos dados analíticos composicionais em scorodites

A amplitude composicional (conteúdos maiores e vestigiais) determinada em scorodites nos vários EMA (Castelhão, Fulão, Penedono, Adoria e Tibães) está representada nos diagramas de extremos e quartis (*boxplot*) da **Figura V.100** (resultados analíticos dos quatro programas em MSE). Desta forma, podem comparar-se alguns parâmetros estatísticos como: mediana (posição central), amplitude inter-quartil (dispersão dos dados), extremos (máximo e mínimo, além das caixas) e *outliers* (círculos).

Houve um maior número de análises quantitativas para as amostras de Tibães (maior espessura das caixas de T, **Figura V.100**), em que se incluem os termos os termos scorodíticos de núcleos com zonalidade composicional da série de arsenatos de Fe-In. Por este motivo nos conteúdos de  $\text{In}_2\text{O}_3$  surgem *outliers* para o EMA de Tibães.



**Figura V.100.** Diagramas de dispersão (amplitude e distancia *inter-quartil*, mínimo, máximo e *outliers*) dos principais conteúdos (em wt%) obtidos em análises pontuais (MSE) de scorodites sob a forma de crustas e agregados cristalinos provenientes dos vários EMA em estudo. Diagramas discriminados pelos índices: Castelhão (C); Fulão (F); Penedono (P); Adoria (A) e Tibães (T). Compilação dos resultados dos 4 programas analíticos em MSE (VIII ANEXO).

Os conteúdos vestigiais mais frequentes são o P, Al, Zn e Pb, muito embora apresentem amplitudes de dispersão e concentração muito distintas para os vários EMA.

Conteúdos de Al são elevados nas scorodites de Tibães ( $>1,2\%\text{Al}_2\text{O}_3$ ), este poderá estar associado a crustificações scorodíticas de menor cristalinidade, que agreguem distintos produtos de alteração, eventualmente gibsite  $[\text{Al}(\text{OH})_3]$  e minerais de argila como a caulinite  $[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]$ , além de fracções detríticas herdadas de litologias encaixantes aluminossilicatadas. No caso de Castelhão, a amplitude de Al apresenta ainda *outliers* que permitem assinalar a influência importante do Al neste EMA, corroborado pela presença de mansfieldite  $[\text{Al}(\text{AsO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ , termo aluminoso da solução sólida com a scorodite, em crustas muito hidratadas e pulverulentas.

Os conteúdos plumbíferos têm maior expressão nas scorodites do Fulão. Pode atribuir-se à associação destas com carminites  $[\text{PbFe}_2(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_2]$  e beudantites  $[\text{PbFe}_3(\text{AsO}_4)(\text{SO}_4)(\text{OH})_6]$  em agregados policristalinos. As scorodites de Adoria expressam composições similares, confirmando a influência das pontuações de arsenatos de Pb epitáxicas em relação às rosetas de scorodites. Nas scorodites de Tibães este conteúdo vestigial poderá dever-se ainda à presença de galena-reliquia em crustificações scorodíticas.

Os conteúdos zincíferos, apesar de baixos nas scorodites dos vários EMA, podem dever-se à influência de fases sulfuretadas primárias, designadamente a blenda. Destacam-se as scorodites de Tibães, inclusivamente com *outliers*, que poderão sugerir a *contaminação* das inclusões de blenda e calcopirite (*calcopirite disease*) nas matrizes scorodíticas.

A variação dos conteúdos de As e Fe (35 a > 50% de  $\text{As}_2\text{O}_5$  e < 25 a > 50% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  Figura V.100) pode ser interpretado como a dispersão deste elemento por numerosas fases de arsenatos, inclusivamente em séries isomórficas.

A elevada concentração de P (até 3% nas scorodites de Tibães) está associada à tendência que este elemento tem para substituir o As. A scorodite forma série com a strengite  $[\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ , que é um termo fosfático frequente entre produtos neoformados em ambientes com paragénese mais fosfatadas, eventualmente com apatite. A paragénese primária do EMA de Tibães inclui apatite e na paragénese secundária diversos fosfatos de Fe. Este é também o conteúdo que marca mais significativamente a zonalidade verificada nos cristais de scorodite, reconhecida em quase todas as amostras de maior cristalinidade, das quais se pode referir de forma exemplar as rosetas de Adoria e de Tibães.

Pode admitir-se que os conteúdos mais altos de P são mais frequentes em amostras de maior cristalinidade e os conteúdos de Al em amostras de menor cristalinidade. Em diagramas de variação correlacionada dos dois elementos, os campos com maior probabilidade daqueles dois modos de ocorrência (Figura V.101) são os seguintes:

**Csf+)** crustificação de elevada cristalinidade com associações minerais scorodite + farmacosiderite +/- goethite;

**Cs\*)** crustificações de matrizes essencialmente scorodíticas, de baixa cristalinidade, com aprisionamento de múltiplas fases minerais herdadas e neoformadas, podendo estas fases evoluir podendo para produtos argílicos.

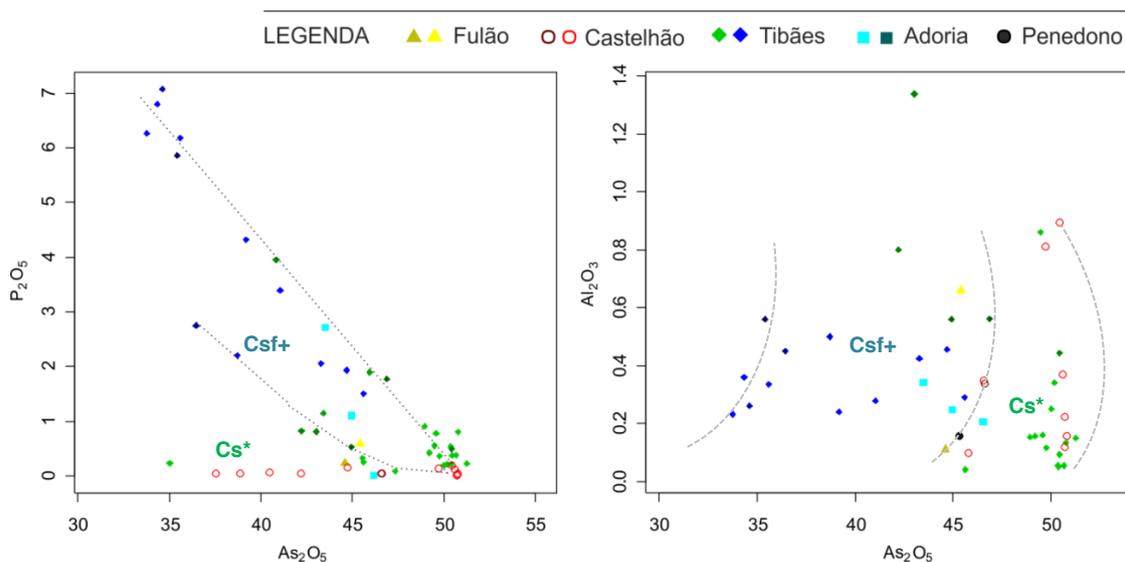
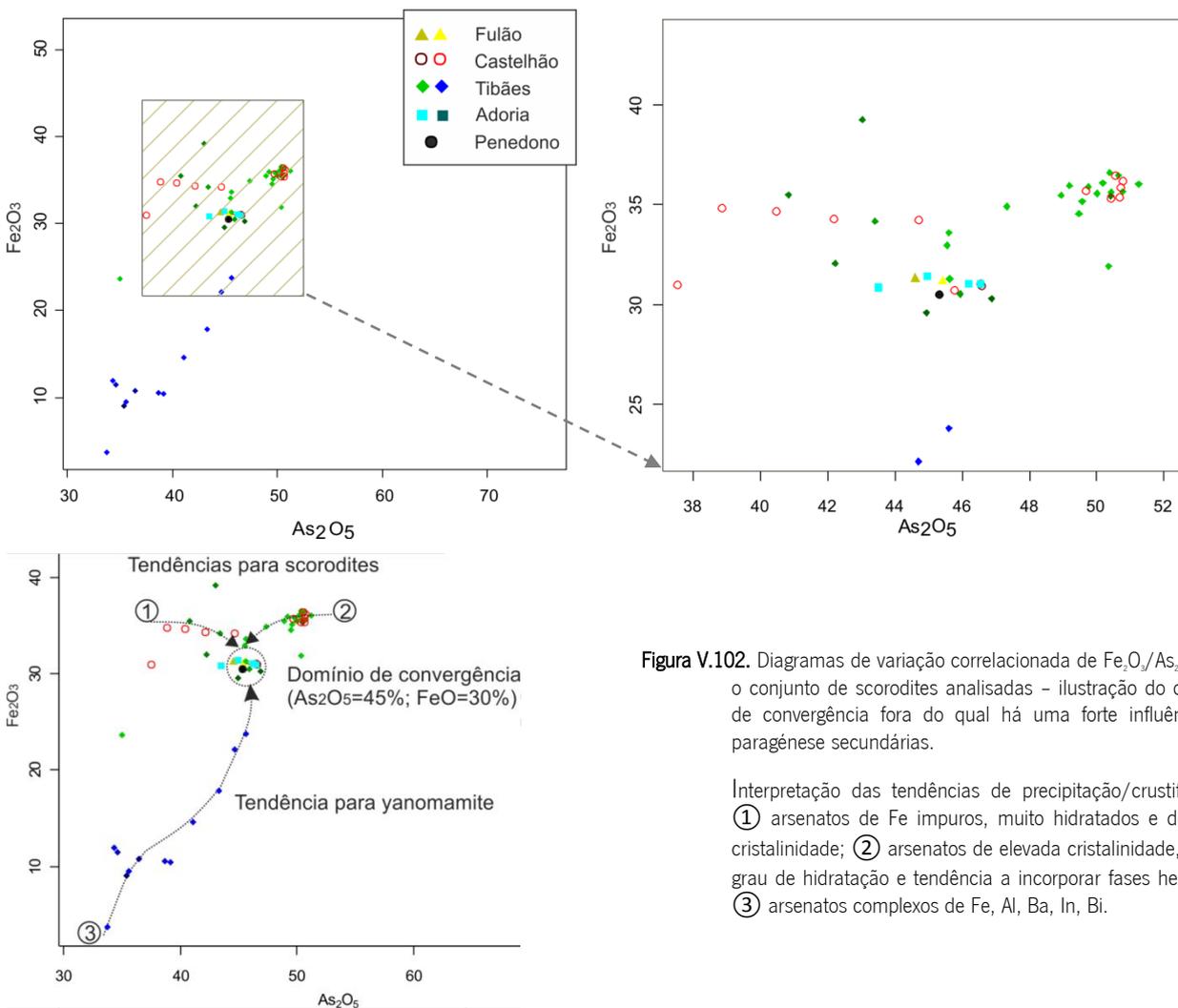


Figura V.101. Variação correlacionada de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  com  $\text{As}_2\text{O}_5$  em scorodites. As linhas sobrepostas às projecções delimitam campos de probabilidade de ocorrência de: crustificação cristalina em associações minerais scorodite + farmacosiderite + goethite (**Csf+**), crustificações essencialmente scorodíticas com aprisionamento de múltiplas fases minerais herdadas e neoformadas (**Cs\***).

A projecção de composições químicas de fases mais estreitamente associadas à scorodite, como por exemplo a yanomamite, permite perceber, no seu conjunto, eventuais tendências e afinidades químicas que distinguem melhor as scorodites dos diferentes ambientes. Os diagramas da **Figura V.102** servem esse propósito.

Reconheceu-se, assim, uma tendência marcada de enriquecimento simultâneo em Fe e As nas scorodites com maior conteúdo em In, as restantes scorodites apresentam forte convergência na relação Fe/As no intervalo 30-35 %  $Fe_2O_3$  e 40-45%  $As_2O_5$ , correspondente à composição teórica da scorodite. A partir daí divergem em função das paragénese primárias e secundárias presentes em cada EMA: 1) **Castelhão** - altos teores de Fe, com intervalo extenso de de  $As_2O_5$  - de 38 a 50% - paragénese ricas em pirite, arsenopirite e goethite; 2) **Fulão, Adoria e Penedono** - mais baixos conteúdos de Fe e na zona de convergência central no diagrama, com intervalo estreito de  $As_2O_5$  - de 44 a 47% - paragénese com maior diversidade de sulfuretos e maior número de fases neoformadas, nomeadamente arsenatos; 3) **Tibães** - gama alargada de teores de Fe, com um intervalo também mais extenso de  $As_2O_5$  - de 35 a 52% - paragénese com vários sulfuretos, em diferentes graus de alteração e um maior cortejo de neoformações.



**Figura V.102.** Diagramas de variação correlacionada de  $Fe_2O_3/As_2O_5$  para o conjunto de scorodites analisadas - ilustração do domínio de convergência fora do qual há uma forte influência da paragénese secundárias.

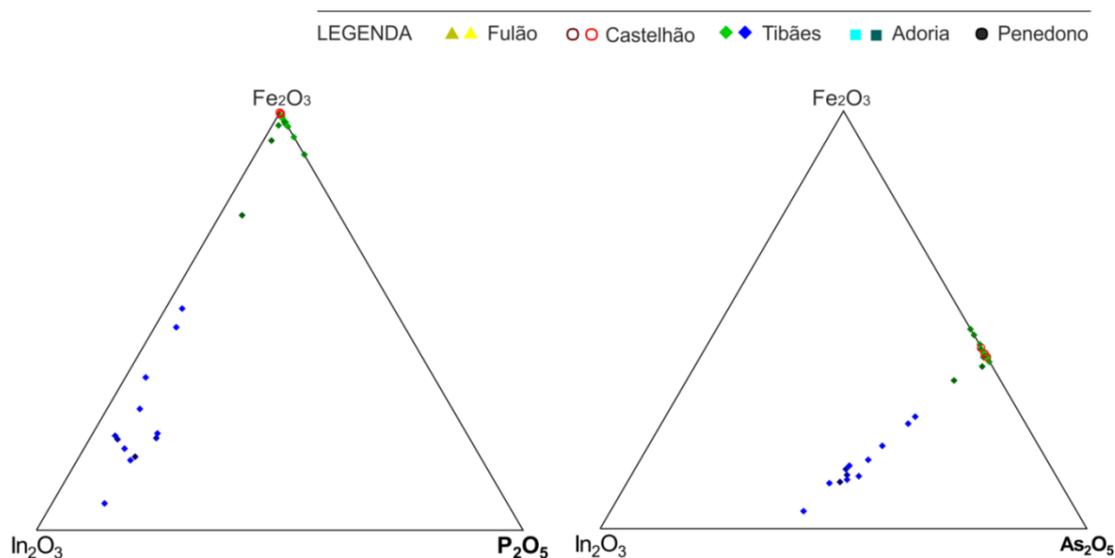
Interpretação das tendências de precipitação/crustificação: ① arsenatos de Fe impuros, muito hidratados e de baixa cristalinidade; ② arsenatos de elevada cristalinidade, menor grau de hidratação e tendência a incorporar fases herdadas; ③ arsenatos complexos de Fe, Al, Ba, In, Bi.

De uma maneira geral, parece existir uma zona de convergência estabelecida para conteúdos de  $As_2O_3$  a 45%, onde estão projectadas fases de maior cristalinidade. Fora desta zona, podem sugerir-se tendências de precipitação simultânea com outras fases ou crustificação (tal como se numera na **Figura V.102**):

- 1- arsenatos de Fe impuros, muito hidratados e de baixa cristalinidade (ex. Castelhão);
- 2- arsenatos de elevada cristalinidade, menor grau de hidratação e tendência para incorporar fases primárias herdadas com maior ou menor reactividade (ex. Castelhão, Fulão, Adoria e Tibães);
- 3- arsenatos complexos de Fe, Ba, In, Sn, Bi (ex. Tibães).

A tendência 3 representa, a associação scorodite-yanomamite, com In em substituição do Fe.

A variação dos conteúdos de In em scorodites, detectada nas amostras de Tibães, é um dos temas que suscitou maior interesse neste estudo, pela singularidade da ocorrência de In numa fase específica, um arsenato. Muito embora scorodites com In mostrem os valores mais altos de P, a relação In-Fe-P é mais dispersa que a relação In-Fe-As, perfeitamente linear (**Figura V.103**).



**Figura V.103.** Projecção das relações entre conteúdos Fe-In-P (influência fosfática) e Fe-In-As (influência do arsenato) nos diagrama ternários.

Analisando os coeficientes de correlação dos conteúdos  $\{In_2O_3, Fe_2O_3, As_2O_3, Al_2O_3, P_2O_5, Au_2O, ZnO\}$  presentes nas composições de scorodites com In, os coeficientes mais altos ( $r=0,99$ ) atribuem-se a In e Fe, com uma correlação negativa (**Figura V.124**). Observando os diagramas de dispersão podem ainda distinguir-se correlações negativas pronunciadas entre In - As; **As - P**; Fe - P; **Al - P**; correlações positivas pronunciadas entre Fe - As; **In - P**.

Destacando as composições de  $In_2O_3$  e os restantes conteúdos (**Figura V.105**) verifica-se a distinção de fases - scorodite e yanomamite - com tendência química mais ou menos específica.

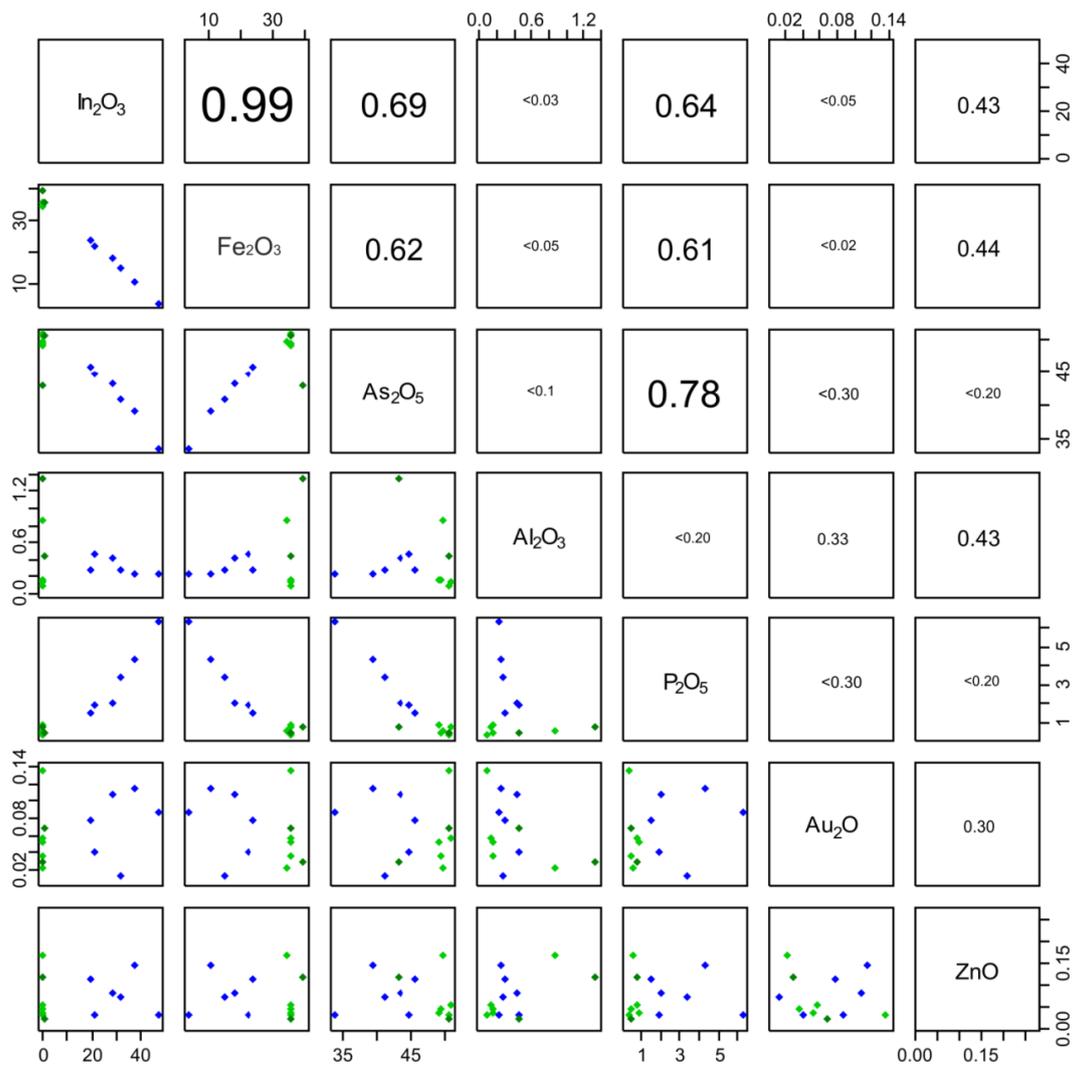


Figura V.104. Matriz dos coeficientes de correlação, obtida para a composição das amostras de scorodite de Tibães, que apresentam valores de In, considerando o conjunto de conteúdos maiores e vestigiais {In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, As<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Au<sub>2</sub>O, ZnO}.

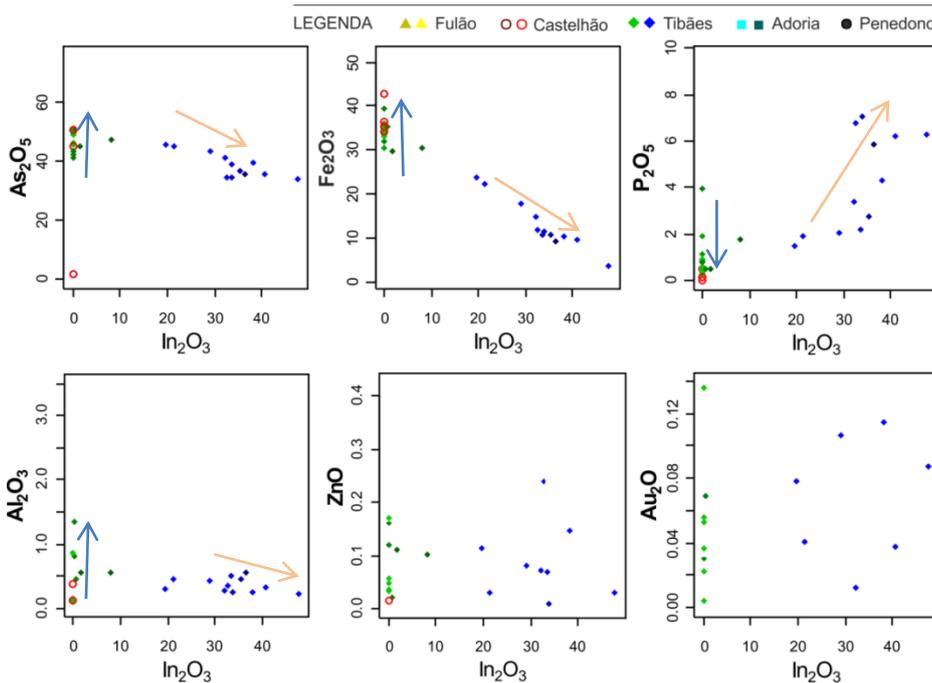


Figura V.105. Variação correlacionada de As<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO, Au<sub>2</sub>O com In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, em scorodites. **Seta azul** – tendência geral da fase scorodítica (reconhecida nos diagramas de dispersão da matriz de correlações, a partir da variação de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e os restantes conteúdos); **Seta laranja** – tendência da fase yanomamite.

## V.2.2.4.1. A série Scorodite - Yanomamite

A composição teórica da yanomamite é de 47,91% de  $\text{In}_2\text{O}_3$  e 39,66% de  $\text{As}_2\text{O}_5$  (Anthony *et al.*, 2010). Uma composição média (n=12), obtida no depósito de Mangabeira por Botelho *et al.*, 1994 é de 45,80% de  $\text{In}_2\text{O}_3$ , 40,10% de  $\text{As}_2\text{O}_5$ ; 1,11% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e 0,21% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (12,78% de  $\text{H}_2\text{O}$ , calculado pela diferença). Segundo os Autores a yanomamite representa o termo de uma série formada com a scorodite, a qual é apresentada como sendo descontínua.

A variação composicional das associações de scorodite - yanomamite reconhecidas no EMa de Tibães apresenta-se na Tabela V. 44.

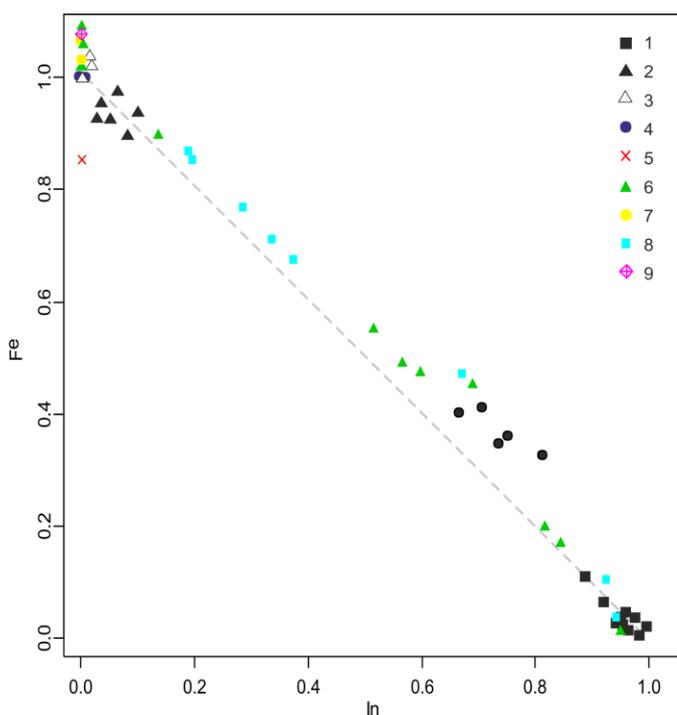
**Tabela V. 44.** Composição em APFU da associação scorodite-yanomamite detectada em Tibães em cristais compósitos e crustas scorodíticas. O cálculo teve como base 4 oxigénios e a água foi calculada pela diferença. A sombreado apresentam-se as composições de scorodites com conteúdos vestigiais de In, correspondentes a um cristal grande de Tibães (TG) e a um cristal de Castelhão (C1). Resultados analíticos de MSE apresentam-se no VIII ANEXO.

	As	Fe	In	P	Al	Zn	K	Au	Ag	Co	Pb	S	Cu	Bi	Sb	W	Hg	Mn	H	Total
T14	0,5361	0,6505	0,0011	0,0034	0,0229	0,0029	0	0	0	0	0,0009	0	0	0	0	0	0	0	3,27	4,49
T20	0,5539	0,525	0,0166	0,0021	0,0156	0,0019	0	0	0	0	0,0008	0	0	0	0	0	0	0	3,54	4,66
T15	0,5889	0,2767	0,4733	0,0144	0,0164	0	0	0	0	0	0,0003	0	0	0	0	0	0	0	2,68	4,05
T16	0,6143	0,2667	0,4406	0,0113	0,0179	0,0016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,69	4,05
T17	0,6003	0,2456	0,5114	0,0322	0,0214	0	0	0	0	0	0,0009	0	0	0	0	0	0	0	2,5	3,91
T18	0,5689	0,3144	0,4471	0,0365	0,0134	0,0056	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,64	4,02
T19	0,5881	0,3124	0,4753	0,039	0,01	0,0002	0	0	0	0	0,0007	0	0	0	0	0	0	0	2,47	3,9
T1Bpb	0,5077	0,3793	0,0001	0,0009	0	0	0	0	0	0	0	0,0003	0	0	0,0001	0	0	0,0011	4,31	5,2
T2a	0,713	0,3661	0,4627	0,0191	0,0109	0,0018	0,0081	0,0001	0,0002	0,0003	0	0,0001	0	0,0002	0	0	0,0001	0	1,81	3,39
T2b	0,6783	0,682	0,0001	0,0024	0,0266	0,0033	0	0,0002	0	0,0011	0,0004	0,0033	0,0011	0,0005	0	0,0002	0	0	2,44	3,84
T2c	0,6682	0,2551	0,6333	0,0376	0,0142	0	0,0124	0,0004	0	0,0005	0	0	0,0009	0,0001	0	0	0,0004	0	1,75	3,37
T2d	0,7158	0,2721	0,5759	0,0256	0,0098	0,0038	0,0116	0,0012	0,0001	0	0	0	0	0	0,0002	0	0	0	1,7	3,31
T2e	0,6481	0,1022	0,7578	0,039	0,01	0,0008	0,0149	0,0009	0	0	0	0	0	0,0002	0	0	0	0	1,94	3,51
T2f	0,7515	0,4471	0,4167	0,0116	0,0166	0,002	0,0075	0,0010	0,0004	0	0	0	0	0,0006	0	0	0	0	1,53	3,18
T2g	0,723	0,5153	0,2862	0,0101	0,0166	0,0007	0,0056	0,0004	0	0,0008	0	0	0	0,0006	0	0,0005	0	0	1,87	3,43
T2h	0,7356	0,5523	0,2614	0,0079	0,0105	0,0026	0,0042	0,0007	0	0,0009	0,0013	0	0,0008	0	0	0	0	0	1,79	3,37
T2i	0,6836	0,636	0,0969	0,0084	0,0185	0,0021	0,0014	0	0	0,0006	0	0,0002	0	0	0	0,0001	0,0003	0	2,28	3,73
T2j	0,7094	0,7178	0,0072	0,0022	0,014	0,0004	0	0,0005	0,0002	0,0007	0	0,0008	0	0	0	0	0,0004	0	2,22	3,67
T2k	0,5863	0,7702	0,0009	0,0036	0,0411	0,0023	0	0,0002	0,0002	0,0007	0,0007	0,0077	0,0001	0,0006	0	0	0	0	2,56	3,97
TCc	0,7606	0,6843	0,1572	0	0	0,0094	0	0	0,0003	0,0006	0,0001	0,0023	0	0	0	0,0010	0	0	1,63	3,25
TCd	0,7877	0,4125	0,4753	0,0024	0,004	0,0067	0	0,0001	0	0,0001	0	0,0011	0	0	0	0,0003	0	0	1,35	3,04
Tce	0,883	0,1539	0,7643	0,0016	0,0328	0,0059	0	0	0	0,0008	0	0,0025	0	0,0003	0	0	0	0	0,69	2,54
Tcf	0,759	0,855	0,0033	0,0001	0	0,0009	0	0,0001	0,0001	0,0009	0	0,0002	0	0	0	0,0004	0	0	1,62	3,24
TCg	0,728	0,8327	0,0044	0,0002	0	0,0025	0	0	0	0,0004	0	0	0,0005	0	0	0	0	0	1,84	3,41
TCh	0,769	0,713	0,1551	0	0	0,0065	0	0,0002	0	0,0004	0,0003	0,0045	0	0,0001	0	0,0004	0	0	1,51	3,16
Tci	0,7844	0,1577	0,6527	0,0015	0,0311	0,005	0	0,0008	0	0	0	0,0103	0,0010	0,0002	0	0,0016	0	0	1,46	3,11
TCj	0,7364	0,6003	0,2225	0,0018	0,0484	0,0036	0	0,0002	0,0002	0,0006	0,0009	0,0023	0	0,0002	0	0	0	0	1,67	3,29
TGd	0,6434	0,7491	0,0003	0,0063	0,0005	0,0001	0	0,0003	0	0,0008	0,0004	0,0098	0,0003	0,0006	0	0,0005	0	0	2,44	3,85
C1b	0,7094	0,7368	0,0002	0,0006	0,0118	0	0	0	0	0,0007	0,0008	0	0	0	0	0,0001	0	0	2,2	3,66
C1f	0,6978	0,7019	0,0003	0,0001	0,0038	0,0003	0	0	0	0,0002	0,0005	0,0001	0	0,0004	0	0	0,0001	0	2,39	3,79

As composições encontradas por Botelho, *et al.* (1994) estão projectadas no Diagrama da Figura V.106 discriminando yanomamite com conteúdos de In máximo de 47,28%, scorodite rica em In até 6% e scorodite pura.

O Autor admite que a scorodite rica em In cristaliza após a yanomamite no mesmo estágio paragenético, sugerindo a existência provável de uma lacuna de miscibilidade entre as duas composições, à temperatura de formação e abaixo desta.

Os dados que se obtiveram neste trabalho colocam em evidência que a série scorodite – yanomamite possa ser completa. A yanomamite admite conteúdo máximo de In até 47,7% em substituição isomórfica do Fe, verificando-se projecções em todo o intervalo da série até à scorodite pura (sem In) (Figura V.106).



**Figura V.106.** Projecção de composições normalizadas a 2 átomos de (As+In+Fe) para a série yanomamite-scorodite. Análises pontuais em MSE do presente estudo e para comparação com as de Botelho *et al.*, (1994).

LEGENDA:

Dados de Botelho *et al.*, (1994) - 1 - yanomamite, 2 - scorodite rica em In e 3 - scorodite pura

Dados do presente estudo: 4 - cristal composto T2, associação scorodite-yanomamite de Tibães; 5 - crustificação cristalina scorodítica de Tibães; 6 - cristais compostos T2ae e T2fk de Tibães; 7 - scorodite de Castelhão; 8 - agregados em roseta TC de Tibães; 9 - cristal grande de scorodite de Tibães.

As imagens MEV(ER) também permitem verificar que scorodite pura precipita após a yanomamite, já nas estruturas em roseta, a precipitação de scorodite rica em In e yanomamite é oscilatória.

Nas amostras de Tibães o Al é elevado (até 1,35%) e correlacionado com a variação do In, tal como em Mangabeira (Botelho *et al.*, 1994), onde estão referidas concentrações máximas até 0,78%. Ao contrário desta ocorrência, onde o P e Zn não são referidos, em Tibães estes elementos podem estar em concentrações até 7,1% e 0,43% respectivamente. A identificação destes conteúdos, que não foram tidos em conta na normalização dos dados projectados no diagrama da Figura V.106, poderá determinar o afastamento de algumas projecções relativamente à recta que estabelece a substituição isomórfica In-Fe.

#### V.2.2.4.2. Mineralizações de In e relações com sulfuretos e arsenatos

Na natureza, a ocorrência de In é rara, a abundância na crosta continental é cerca de 0,05 ppm. Pode formar sulfuretos específicos, na sua maioria identificados em microanálise. São de destacar: roquesite [CuInS<sub>2</sub>] (Picot e Pierrot, 1963) e laforetite [AgInS<sub>2</sub>] (Ohta, 1980) ambas do grupo da calcopirite; indite [FeIn<sub>2</sub>S<sub>4</sub>] do grupo da linnaeite (Genkin e Muraveva, 1963); tolovkite [InSbS] do grupo da cobaltite (Razin *et al.*, 19981); petrukite [(Cu, Fe, Zn)<sub>3</sub>(Sn, In)S<sub>4</sub>] (Kissin e Owens, 1989) e sakuraiite [(Cu,Zn,Fe,Ag)<sub>3</sub>(In, Sn)S<sub>4</sub>] Kato (1965) (Autores citados de Schwarz-Schampera e Herzig, 2002).

Este elemento pode ainda ser incorporado em concentração elevada em fases como: blenda, calcopirite, arsenopirite, estanite e cassiterite. Vários outros minerais contêm In em quantidades vestigiais, como: digenite, enargite, lollingite, Bi nativo, bismutinite, volframite, molibdenite, tennantite, k esterite, estanite, pirite, galena, bornite, tetraedrite (Moura, 1993; Sinclair *et al.*, 2006; Oliveira *et al.*, 2006; Figueiredo, *et al.*, 2006). Os processos de substitui o do In, sobretudo em sulfuretos, ocorrem entre metais base com raio i nico similar (1.66 ) e coordena o tetraédrica.

Entre os vários estudos citados encontrou-se unanimidade em atribuir maior afinidade do In às fases com conteúdos elevados em Zn e Cu. Sinclair *et al.* (2006) referem conteúdos de In na blenda variando de < 0,01% a 6,90%, os valores mais altos correspondem a blendas com inclu es abundantes de calcopirite (eventualmente "chalcopyrite disease"). Nas inclu es de calcopirite o conteúdo de In, citado pelo Autor   de 0,01% a 0,40%.

Em Portugal estão documentados enriquecimentos de In em sulfuretos, concretamente no depósito polimet lico de tipo VMS de Lagoa Salgada (Faixa Piritosa - Alentejo). Neste depósito, as concentra es de Zn são até 20% e de Pb até 23%, o In está hospedado na blenda com a concentra o máxima de 0,62% (Oliveira *et al.*, 2011). Os Autores referem ainda conteúdos vestigiais de In na pirite (0,004 - 0,008%) e na tetraedrite (0,01%). As inclu es de um portador específico de In referidas para a parag nese de Lagoa Salgada são discretas, segundo Figueiredo *et al.* (2012) o In poderá estar em *nanofases* incorporadas nos sulfuretos.

Admite-se que entre a blenda e o sulfureto específico, roquesite, exista uma soluço sólida (Sinclair *et al.*, 2006), na qual o In e o Cu substituem o Zn e o Fe na propor o de 1:2. A Figura V.107 mostra a extensão dessa substitui o.

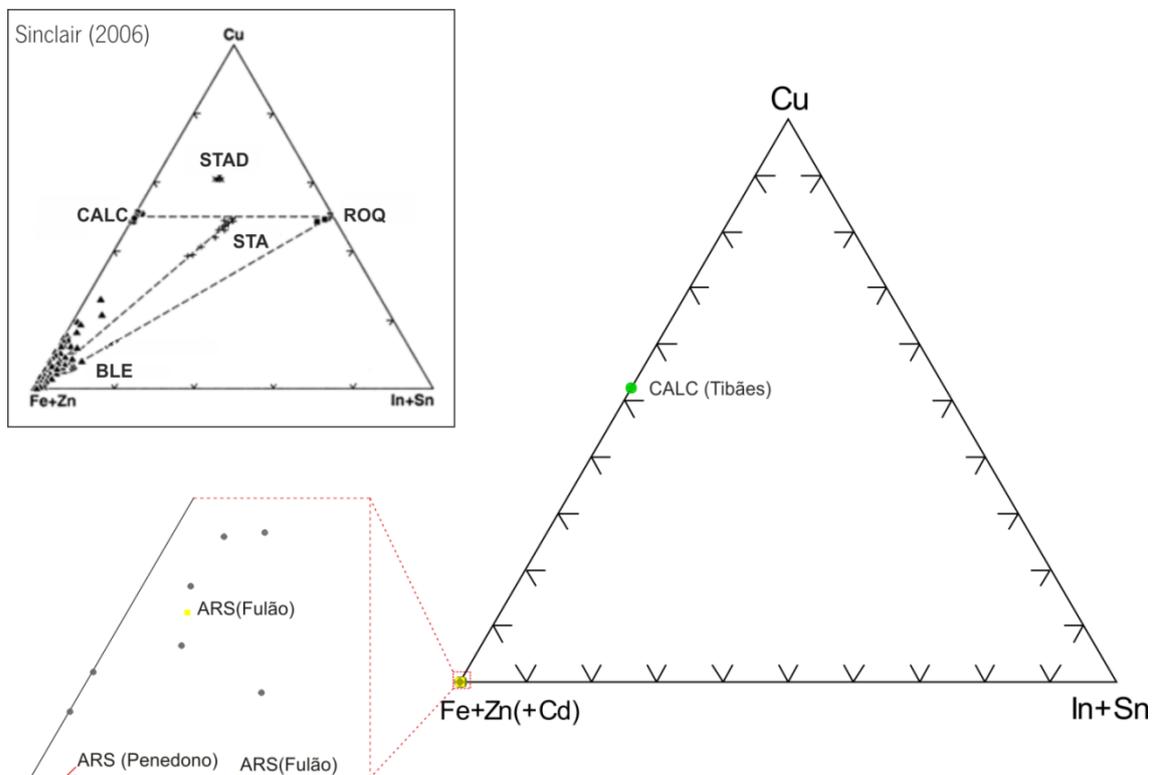


Figura V.107. Diagrama Cu - Fe+Zn(+Cd) - In+Sn para sulfuretos com conteúdos de In, amostras do EMA do Ful o e de Penedono (arsenopirites) e de Tibães (calcopirite e blendas - círculos pretos não discriminados). Diagrama de projec es apresentadas em Sinclair (2006) ABREVIATURAS: stannoidite (STAD); estanite (STA); roquesite (ROQ); calcopirite (CALC); blenda (BLE); arsenopirite (ARS)

Para estudar a proveniência do In, seleccionaram-se amostras de mão em escombreira, representativas das paragénese primárias dos depósitos do Fulão e Tibães, ambas com texturas do tipo fracturação-selagem (*crack-seal*) por expressarem tendências de convergência metálica, tipo *telescoping*. No diagrama da **Figura V.107** estão projectados os conteúdos relativos a blendas, arsenopirites e calcopirites de ambos os EMa (análises discriminadas na **Tabela V. 45**).

A amostra do Fulão (**Fcs**) incluía arsenopirite e blenda em bandas muito pronunciadas na matriz quartzosa; galena subédrica com geometria bandada; scorodite em leitos, cromaticamente distintos, paralelos ou interceptando as bandas de sulfuretos. A amostra analisada de Tibães (**TBI**) incluía os sulfuretos: blenda com inclusões de calcopirite, apresentando *calcopirite disease*, e pirite. Fui ainda analisada uma arsenopirite muito alterada de Penedono (**Pars**).

**Tabela V. 45.** Análise quantitativa (MSE) de sulfuretos e fases associadas do EMa de Fulão (amostra Fcs) e Tibães (amostra TBI); Penedono (amostra Pars). O programa incluiu a determinação Hg só detectado para Penedono (0,004%wtHg) e Te só a amostra Fcs4 apresentou 0,01%wt de Te nas restantes não foi detectado. ABREVIATURAS: arsenopirite (ARS); ourayte (OUR); rooseveltite (ROO); scorodite (SCO); blenda (BLE); calcopirite (CALC); pirite (PIR). Conteúdo não determinado (-). O quociente Zn/Cd aplica-se apenas a composições de blendas.

	Fase	As	Fe	S	Zn	Pb	Cu	In	Mn	Bi	Sb	Ni	Co	Cd	Se	Au	Ag	W	Sn	Al	P	Total	Zn/Cd (BLE)
FCS1	ARS	45,76	33,95	22,13	0,01	0	0	0,01	0,03	0	0	0,04	0,04	0,01	0,07	0,02	0	-	0,02	0	0	102,1	
FCS2	ARS	44,77	34,39	22	0	0	0,03	0	0,01	0,13	0	0	0,05	0	0,07	0,01	0	-	0	0	0	101,5	
FCS3	ARS	44,95	34,12	22,01	0,01	0	0	0	0	0,08	0	0	0,06	0	0,07	0	0,01	-	0,01	0	0	101,3	
FCS4	OUR	0	0,04	16,33	0	28,39	0	0	0,02	41,69	1,75	0	0	0,01	0	0	11,29	-	0	0	0	99,5	
FCS5	OUR	0	0,05	16,23	0,03	26,49	0	0	0	42,77	1,42	0	0	0,05	0	0	11,63	-	0	0	0	98,7	
FCS6	OUR	0	0	16,06	0	27,55	0	0	0,02	42,71	1,7	0,02	0	0	0	0	10,81	-	0	0	0	98,9	
FCS8	ROO	27,66	0,2	1,03	0	5,85	0	0	0	56,05	0,05	0,02	0	0	0	0	0,59	-	0,01	0	0	91,5	
FCS9	SCO	49,33	35,39	0,06	0	0	0	0	0	0,04	0	0	0,04	0	0	0,02	0	-	0	0,59	0,03	85,5	
FCS10	ARS	43,95	33,71	21,54	0,01	0,05	0,03	0,01	0	0	0	0	0,05	0	0	0,04	0,02	-	0	0	0,02	99,4	
TBL1	BL	0	9,91	33,94	55,06	0,05	0,037	0	0,21	0	0	0,00	-	0,58	-	-	-	0,26	-	-	-	100,0	94,6
TBL2	BL	0	9,35	34,22	56,3	0,03	0,03	0,054	0,13	0	0	0,02	-	0,55	-	-	-	0	-	-	-	100,7	101,9
TBL3	BL	0	9,29	33,7	55,29	0,01	0,05	0,022	0,16	0	0	0,03	-	0,62	-	-	-	0	-	-	-	99,2	89,7
TBL4	BL	0	9,8	33,62	54,36	0,00	0	0,013	0,21	0	0	0,07	-	0,54	-	-	-	0,04	-	-	-	98,7	101,1
TBL6	BL	0	9,37	34,01	56,14	0,06	0,07	0,014	0,21	0	0	0	-	0,59	-	-	-	0	-	-	-	100,5	94,6
TBL7	BL	0	9,68	34,39	54,82	0,04	0,08	0,015	0,21	0	0	0,02	-	0,59	-	-	-	0	-	-	-	99,9	92,9
TBL9	BL	0	9,23	33,93	55,57	0,10	0,02	0	0,16	0	0	0	-	0,57	-	-	-	0,33	-	-	-	99,9	97,7
TBL10	BL	0	9,5	33,57	55,94	0,05	0,09	0,027	0,16	0	0	0	-	0,51	-	-	-	0,19	-	-	-	100,0	110,4
TBL11	BL	0	9,53	34,07	55,4	0,04	0	0,011	0,13	0	0	0	-	0,55	-	-	-	0	-	-	-	99,7	101,4
TBL5	CAL	0	30,41	35,52	0,43	0,12	33,86	0	0	0	0	0	-	0	-	-	-	0	-	-	-	100,3	
TBL8	PIR	0	59,46	39,6	0,79	0,12	0,1	0	0,03	0	0	0	-	0	-	-	-	0,07	-	-	-	100,2	
Pars	ARS	49,37	36,16	18,86	0	0,02	0	0,01	0	0,06	0	0	0,04	0	0	0,01	0	0	0	0	0,00	104,5	

Na amostra FCS, do Fulão, a galena surge associada ao sulfossal de Ag, Pb e Bi, a esquimoíte [Ag<sub>7</sub>Pb<sub>10</sub>Bi<sub>15</sub>S<sub>36</sub>], identificado entre as paragénese do Fulão por **Leal Gomes (1994)**. Na **Figura V.108A** ilustram-se as texturas típicas desta fase salientando o bordo metastável parcialmente desmembrado. De uma maneira geral, os sulfuretos apresentam-se muito fracturados e preenchidos com scorodite e/ou goethite, com texturas colofórmicas, penetrativas, porosas e aprisionamento de pontuações com elevado contraste de fase (**Figura V.108.B**).

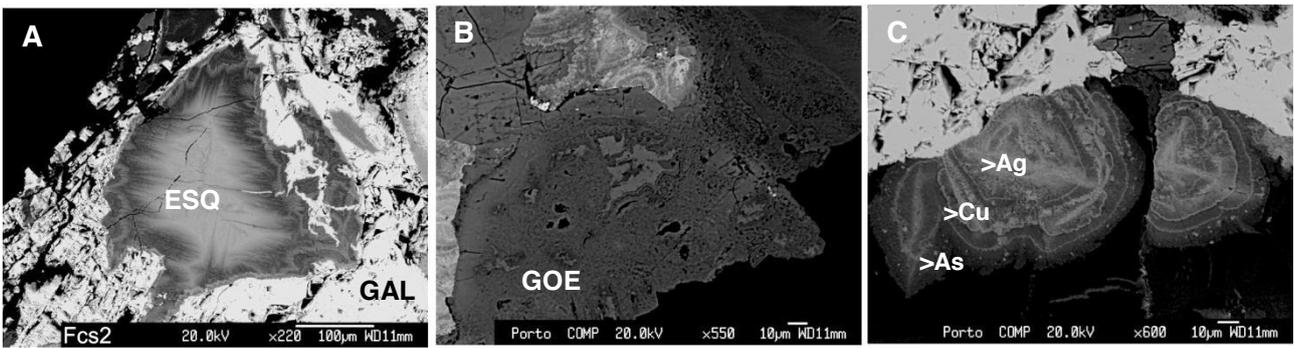


Figura V.108. Aspectos morfológicos e texturais de fases com Pb, Ag, Bi no contacto com leitos de scorodite e bandas de sulfuretos em geometrias *crack-seal* do Fulão: A - galena (GAL) com esquiemoite incluída (ESQ); B - preenchimento goethítico (GOE); C - Agregados colofórmicos de sulfossais e fases metaestáveis com conteúdos variáveis de Ag, Cu e As (Imagens MEV-ER).

Ambas os produtos neoformados – scorodite e goethite – parecem incorporar fases impuras de Ag e Se também estas colofórmicas, com grande contraste e marcada zonalidade composicional (Figura V.108.C). A composição qualitativa de uma destas fases foi revelada em MEV-DE, obtendo-se mapas de Rx para os elementos Ag, Se, Cu, As, Fe, Ba, S e O (Figura V.109). O núcleo zonado poderá corresponder a uma covelita, metastável e fracturada. As fracturas veiculam conteúdos de Ag e Se em maior concentração relativamente à fase sulfuretada. A scorodite é a fase mais tardia que intersecta o núcleo zonado e fracturado do sulfureto de Cu, pelo mapa de Rx correspondente à Ag (Figura V.109) parece afectar a distribuição do alto conteúdo argentífero que estaria circunscrito numa fractura prévia à instalação scorodítica.

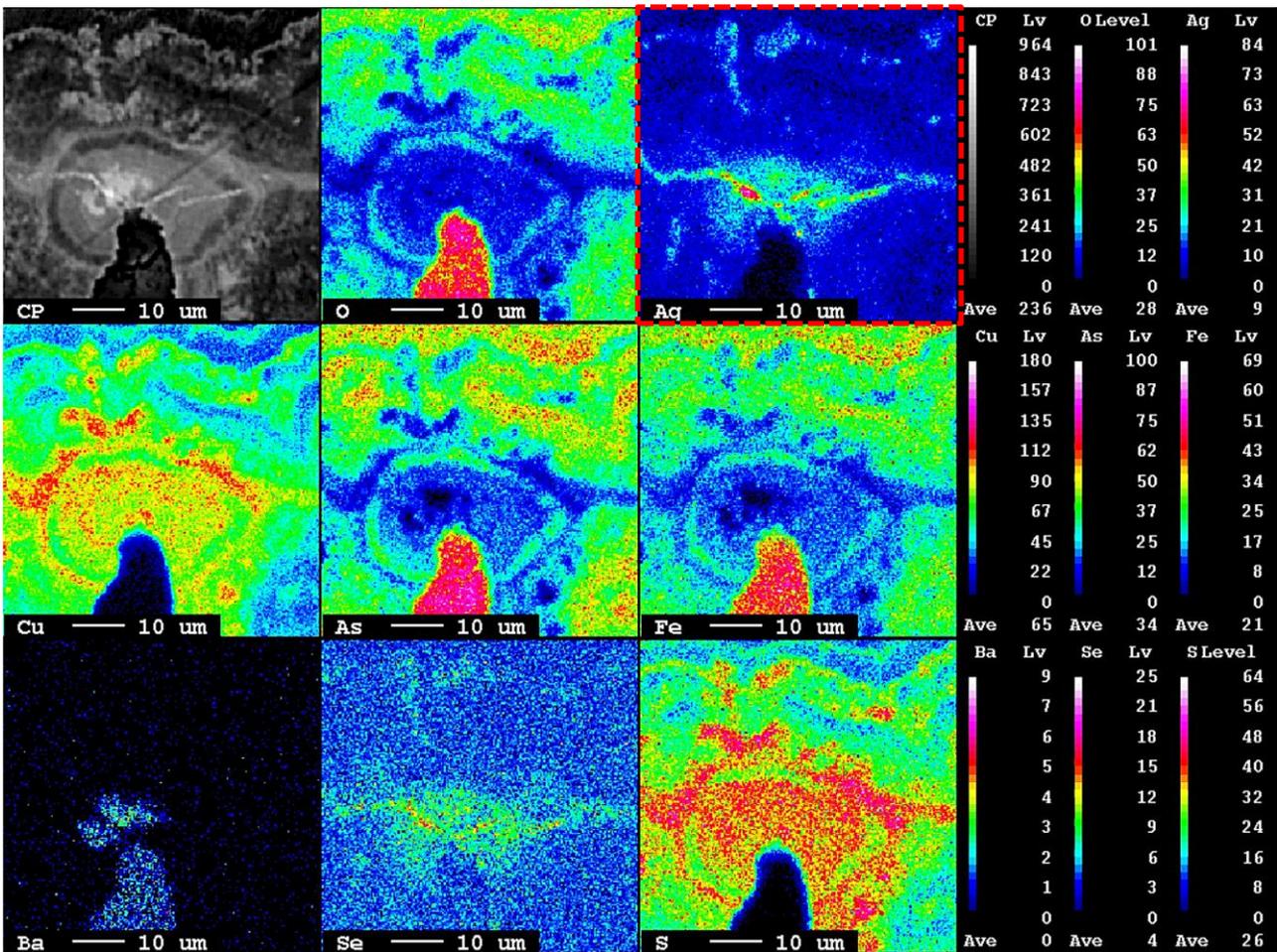
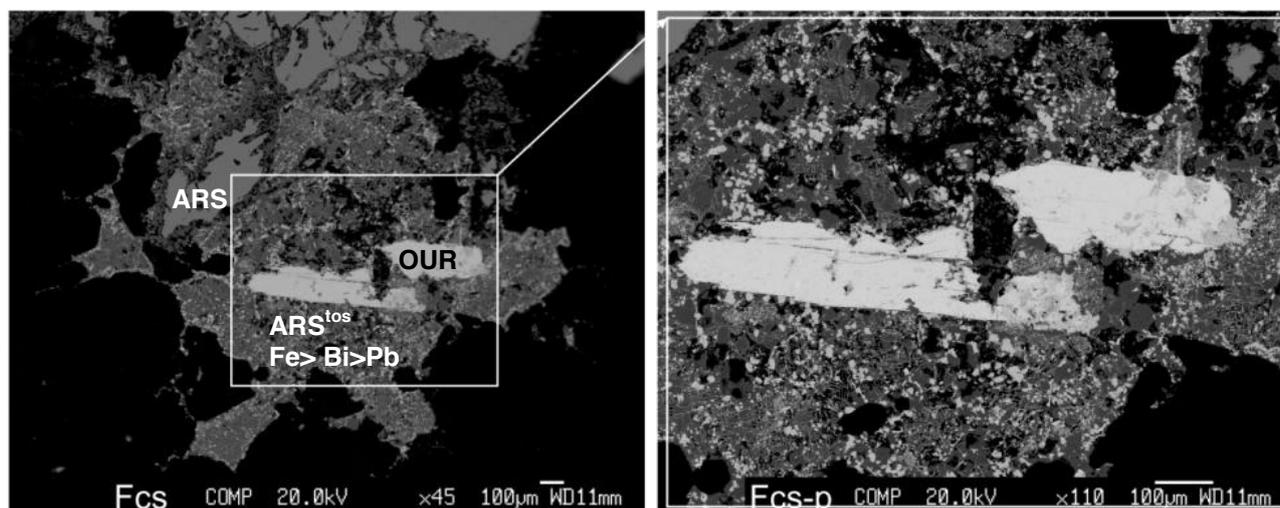


Figura V.109. Núcleo de sulfureto de Cu - zonado e fracturada) de agregados colofórmicos incluídos em matriz scorodítica (penetrativa). Mapas de difracção de Rx obtidos em MSE, variação dos conteúdos de O, Ag, Cu, As, Fe, Ba, Se e S. Amostra Fcs do EMa do Fulão.

Uma situação paragenética similar à anterior, mas texturalmente distinta, está ilustrada na **Figura V.110**. Uma secção de um sulfossal, a ourayite  $[Pb,Ag,Bi_3S_{13}]$ , está incorporada numa matriz de arsenatos de Fe, Bi e Pb com relíquias de arsenopirite. Nesta matriz densa de sulfuretos + arsenatos, o sulfossal parece sofrer difusão sólida. Foi possível determinar a composição do sulfossal (**Tabela V. 45**, Fcs4 a 6) e do arsenato rooseveltite (**Tabela V. 45**, Fcs7), entre as pontuações de elevado contraste na matriz impura de arsenatos de Fe e Pb.



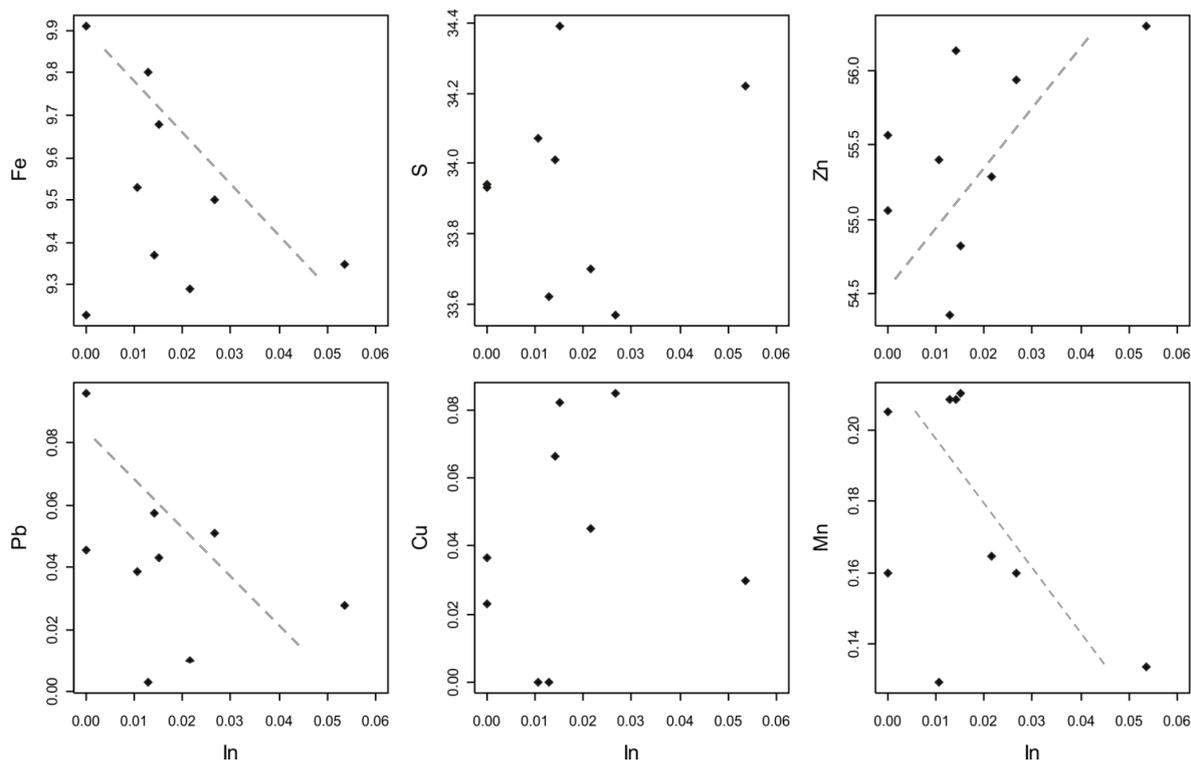
**Figura V.110.** Ourayite (OUR) em matriz de sulfuretos (arsenopirite, ARS) e arsenatos (ARS\*). Amostra FCS do EMA do Fulão. Imagens MEV-ER.

Pode admitir-se, genericamente, que os sulfuretos que integram os bandados do *crack seal* da amostra do Fulão, acompanham ou evoluem para fases mais tardias de alteração hidrotermal (covelite e sulfossais) e supergénica (scorodite e goethite). Esta última está bem representada pelos leitos de scorodite que parecem exercer um processo de selagem ou aprisionamento de conteúdos metálicos das fases prévias, manifestando texturas típicas de baixa temperatura.

Por seu turno, as blendas de Tibães mostraram em imagem de contraste de número atómico inclusões de galena, calcopirite e pirite. As composições de calcopirite e da pirite incluem conteúdos de Zn (0,43% e 0,79% respectivamente), nestes não foram detectados valores de In (**Tabela V. 45**, TBI5 e 8). Nas blendas, os conteúdos detectados de In variam de 0,001% a 0,0536%. Apresentam ainda conteúdos vestigiais de  $Cd > Mn > Ni > Cu \geq Pb$ .

O quociente Zn/Cd na blenda é frequentemente usado como indicador petrogenético e metalogenético (**Dias, 2012**). Segundo os Autores citados por **Dias (2012)** - Jonasen e Sangster (1978); Song (1984) e Bril (1989) as blendas que apresentem para o quociente Zn/Cd valores no intervalo 214 a 104, são atribuídas a depósitos magmáticos-hidrotermais, para quocientes de Zn/Cd inferiores de 104 as blendas são consideradas de génese hidrotermal, mostrando conteúdos altos em Cd. Na **Tabela V. 45**, incluíam-se os quocientes Zn/Cd calculados para as blendas de Tibães.

Os diagramas de correlação de In com os conteúdos principais e vestigiais mais significativos (**Figura V.111**) sugerem uma correlação positiva geral entre Zn e In que pode ser assumida considerando, contudo, uma grande dispersão de projecções. Verificam-se, igualmente em condições de dispersão, correlações negativas gerais entre In e Fe, Pb e Mn.

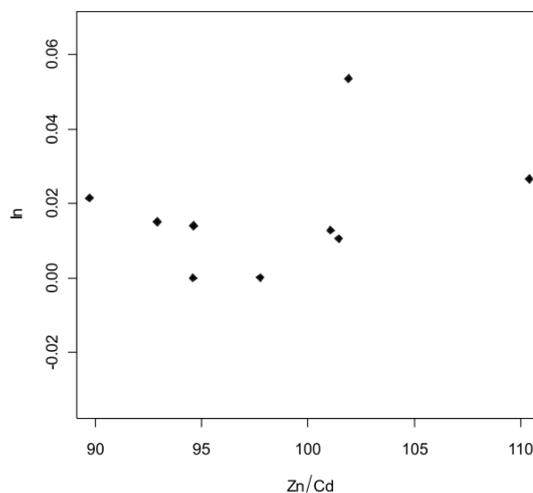


**Figura V.111.** Variação correlacionada de In (% em peso) com os conteúdos maiores (Fe, S e Zn) e os conteúdos vestigiais (Pb, Cu e Mn) em **blendas** de Tibães. As linhas grossas sobre as projecções dos conteúdos da blenda sugerem hipóteses de tendências que à luz dos destes dados são inconclusivas.

Neste caso, os quocientes Zn/Cd nas blendas estão no intervalo 89,7 - 110,4, confirmando a providência hidrotermal do sulfureto no depósito primário. Também se verifica que as blendas com razão Zn/Cd mais elevada são as que mostram valores mais altos de In, tal como se observa na **Figura V.112**. Estas poderão ter sido formadas a mais alta temperatura e por consequência pode admitir-se que o enriquecimento primordial em In esteja relacionado com estas condições de formação.

As blendas formadas sucessivamente por reactivação do *crack-seal*, também conservam conteúdos altos de In. Conclui-se existir desta forma, ao nível dos sulfuretos e sobretudo da blenda um potencial químico em In.

A libertação e incorporação de In em scorodite - yanomamite dependerá da alteração dos sulfuretos primários, designadamente da arsenopirite. A blenda pode sofrer alteração concomitante, tendo-se observado em MEV-ER relíquias desta fase, evoluida para covelite, inclusa em crustas scorodíticas com alto In. Percebe-se desta forma que uma alteração supergénica que evolui de uma ars desprovida de In o possa vir a concentrar. Também o ambiente de crustificação, enquanto matriz complexa, pode promover a redistribuição de conteúdos metálicos, especificamente o In.



**Figura V.112.** Diagrama de variação In / (Zn/Cd) para discriminação de blendas.

#### V.2.2.4.3. Hipótese de proveniência de In, evolução e redistribuição em ambiente supergénico

Nas geometrias *crack-seal*, o enriquecimento em In pode ocorrer desde baixas concentrações em sulfuretos primários (concretamente na blenda). Pela diversidade das mineralizações primárias e secundárias observadas, um primeiro enriquecimento em In pode ter sido desencadeado por deformação/metamorfismo, acompanhando o funcionamento recorrente das estruturas de cisalhamento. Estes processos podem promover ciclos de colapso-recuperação (“*annealing-recovery*”) ao nível das paragénese sulfuretadas, com redistribuição metálica.

Contudo, a primeira mineralização específica discernível de In, em Tibães, relaciona-se com a oxidação da arsenopirite, que poderá ser considerada, tal como admitem **Schwarz-Schampera e Herzig (2002)**, um portador primário significativo.

Por seu turno, a crustificação scorodítica tal como se vem apresentando, parece funcionar como uma estrutura de controlo e redistribuição químico. Nesta verificam-se fenómenos de difusão sólida no seio da própria crusta, e processos de alteração mineral em diferentes graus de intensidade e extensão. Em crustas scorodíticas pode ainda ocorrer enriquecimento químico de fases neoformadas a expensas de fases prévias, relíquias encapsuladas na matriz, tendo a crusta um papel de redistribuição.

Tanto os cristais isolados como as rosetas de scorodite-yanomamite possuíam marcas de perturbação posterior de uma fase de scorodite composicionalmente distinta. Pode suspeitar-se que fenómenos de alteração tardia possam promover a substituição completa do In pelo Fe, eventualmente ficando disponível para o ambiente aquoso. Assim, o mesmo poderia ser detectado em drenagens dos materiais de escombreira ou das superfícies expostas dos depósitos, em frentes de desmonte ou afloramentos.

O In é considerado um elemento pouco móvel em condições oxidantes e com pH entre 5 e 8 e imóvel em ambiente redutor (**Andrews e Jones, 1968**). As observações realizadas sobre o seu comportamento tomaram-se numa perspectiva abrangente e integradora das várias características hidrogeoquímicas patentes nas escorrências superficiais amostradas nos vários EMA em apreço.

Pelo carácter muito restritivo e direccionado da amostragem, o estudo não é conclusivo. Contudo, podem indicar-se afinidades e relações químicas orientadoras de uma análise posterior, nomeadamente a boa correlação de In com Fe, TR e As, em escorrências e/ou drenagem mineira, que seguidamente se desenvolve.

### V.2.2.5. Características hidrogeoquímicas de escorrências superficiais em EMa

A apresentação dos dados de composição química de águas de escorrência superficial, para cada EMa, foi sendo acompanhada pelos parâmetros relativos às condições físico-químicas que influem na interface mineral-água.

No estudo da composição destas águas deve-se ter em conta: composição da água meteórica, mecanismos de dissolução-precipitação, a existência de ciclos geoquímicos específicos mais ou menos circunscritos ao ambiente mineiro, interação com a componente biótica e matéria orgânica.

Em ambientes secundários, a mobilidade relativa dos vários elementos depende das condições do meio aquoso em que ocorre neoformação mineral. Na **Tabela V. 46** apresenta-se a proposta de **Andrews e Jones (1968)** para a distribuição de elementos com base nas condições oxidantes e redutoras, ácidas, neutras ou alcalinas do meio. Esta distribuição apoiou a interpretação dos dados de análise química de águas de escorrência superficial em EMa.

**Tabela V. 46.** Mobilidade relativa de elementos em ambientes secundários (modificado de **Andrews e Jones, 1968**)

MOBILIDADE RELATIVA	CONDIÇÕES AMBIENTAIS			
	OXIDANTES	ACIDAS	NEUTRAS A ALCALINAS	REDUTORAS
MUITO ALTA	Cl, I, Br, S, B	Cl, I, Br S, B	Cl, I, Br S, B Mo, V, U, Se, Re	Cl, I, Br
ALTA	Mo, V, U, Se, Re, Ca, Mg, F, Sr, Na <b>Zn</b>	Mo, V, U, Se, Re Ca, Mg, F, Sr, Na <b>Zn</b> <b>Cu</b> , Co, Ni, Hg, Au	Ca, Mg, F, Sr, Na	Ca, Mg, F, Sr, Na
MÉDIA	<b>Cu</b> , Co, Ni, Hg, Au <b>As</b> , Cd	<b>As</b> , Cd	<b>As</b> , Cd	
BAIXA	Si, P, K <b>Pb</b> , Li, Rb, Ba, Be, Bi Sb, Ge, <b>In</b> , Cs, Tl	Si, P, K <b>Pb</b> , Li, Rb, Ba, Be, Bi Sb, Ge, <b>In</b> , Cs, Tl <b>Fe</b> , Mn	Si, P, K <b>Pb</b> , Li, Rb, Ba, Be, Bi Sb, Ge, <b>In</b> , Cs, Tl <b>Fe</b> , Mn	Si, P, K <b>Fe</b> , Mn
MUITO BAIXA A IMÓVEL	<b>Fe</b> , Mn Al, Ti, Sn, Te, W, Nb, <b>Ta</b> , Cr, Zr, Th, <b>U</b>	Al, Ti, Sn, Te, W, Nb, <b>Ta</b> , Cr, Zr, Th, <b>U</b>	Al, Ti, Sn, Te, W, Nb, <b>Ta</b> , Cr, Zr, Th, <b>U</b>  <b>Zn</b> <b>Cu</b> , Co, Ni, Hg, Ag, Au	Al, Ti, Sn, Te, W, Nb, <b>Ta</b> , Cr, Zr, Th, <b>U</b> S, B Mo, V, U, Se, Re <b>Zn</b> <b>Cu</b> , Co, Ni, Hg, Ag, Au <b>As</b> , Cd <b>Pb</b> , Li, Rb, Ba, Be, Bi Sb, Ge, Cs, Tl

#### V.2.2.5.1. Descrição dos parâmetros globais e componente catiónica de escorrências em EMa

O conjunto dos parâmetros de medição expedita, que apoiaram a caracterização das escorrências superficiais, foi: inclinação do local de amostragem, caudal da escorrência, turbidez, vegetação na envolvente (até 100m), pluviosidade. A estes juntam-se os parâmetros físico-químicos, determinados segundo os procedimentos e técnicas de análise explicitados no **Capítulo II**. Os resultados correspondentes encontram-se na **Tabela V. 47**.

**Tabela V. 47.** Parâmetros de determinação expedita dos locais de colheita e parâmetros físico-químicos da água de escorrência superficial. \*Tibães (TT e TE) - valores obtidos sem estabilização do equipamento. ABREVIATURAS: locais de colheita sem influência de materiais de escombreira ou escavações (V, vazio), locais de colheita em escombreiras (E); trincheiras (T) e galerias (G); **inclinação (INCL)**; **caudal (CAU)**: MB - Muito Baixo; B - Baixo; M - Médio; **Turbidez (TURB)**: TR - transparente, TU - Turva; **vegetação (VEG)**: E - Vegetação escassa. Ab - Vegetação abundante. **pluviosidade** no dia da amostragem (**PLUV**): não pluvioso (-); fracamente pluvioso (+); acentuada pluviosidade (++) ; Temperatura (T); Condutividade Eléctrica (CE); Sólidos suspensos totais (SST); Alcalinidade Total (AlcTotal); Acidez (Acid); valor não determinado (nd).

EMa	LOCAL	INCL	CAU	TURB	VEG	PLUV	pH	T (°C)	CE (µS/cm)	Eh (RmV)	Eh/pH	SST (mg/L)	AlcTotal (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Acid (mg/L CaCO <sub>3</sub> )
Castelhão	CV	10°-20°	B	TR	Ab		4,80	10,0	60,6	358,1	74,6	0	1,2	-
	CE	10°-20°	B	TU	E	+	4,18	9,8	69,8	370,8	88,7	23	-	9,5
Fulão	FV	10°-20°	M	TR	E		4,93	9,3	38,4	270,7	54,9	0	1,29	-
	FT	<10°	B	TU	E	+	4,77	8,9	23,2	259,0	54,3	0,3	1,57	-
	FG	<10°	B	TR	E		4,13	11,2	58,7	449,4	108,8	2,1	-	6,5
Penedono	PV	<10°	M	TR	Ab		6,59	7,3	49,5	302,5	45,9	2	8,11	-
	PE	<10°	M	TU	E	-	2,86	7,0	497,1	498,8	174,4	18	-	68
	PG	<10°	M	TR	E		4,01	6,6	99,6	444,4	110,8	0	-	99
Adoria	AV	10°-20°	B	TR	E		5,30	11,5	18,06	355,4	67,1	4	2,75	-
	AE	<10°	MB	TU	E	-	5,85	12,2	13,34	264,8	45,3	0	1,91	-
	AG	<10°	B	TR	E		6,16	11,6	17,16	291,1	47,3	0	2,35	-
Tibães*	TV	10°-20°	MB	TU	Ab	-	6,85	-	50,1	150,0	21,9	nd	7,47	-
	TE	<10°	MB	TU	Ab		5,21*	-	27,6*	178*	34,2	nd	2,23	-
	TT	<10°	MB	TU	Ab	++	5,05*	-	19,3*	200*	39,6	nd	1,89	-

Na sua maioria as águas são alcalinas, verificando-se valores de acidez nas escorrências em contacto com materiais de escombreira e escavações mineiras. Os valores de pH nas leituras na RMArga estão no intervalo [4,13 – 4,93], valores mais altos em escorrências fora do domínio de influência directa de escombreiras e escavações.

O EMa de Penedono regista os valores de pH mais baixos e discrepantes. Por outro lado, os valores do quociente de Eh/pH e CE são mais altos na escombreira de Penedono e mais baixos na escombreira de Adoria.

A porção de sólidos retida em filtro (sólidos suspensos totais, SST) foi contabilizada em laboratório, apoiando as observações expeditas relativas à turbidez. Este parâmetro associa-se à capacidade da água dispersar e absorver a luz. Os registos de campo referem-se à aparência da água – turva ou transparente – sem recorrer a equipamentos ou ensaios experimentais. Os valores de SST são consistentes com os registos de turbidez, muito embora a determinação dos SST esteja condicionada às operações de amostragem e ao período de armazenamento.

A pluviosidade é um factor importante a considerar na análise dos dados. Na maioria dos casos estudados a precipitação é única via de entrada de água no meio, promovendo troca e (re)mobilização química. Esta pode constituir um factor de diluição perante neoformações de carácter mais salino, por outro, faz intervir um novo quimismo. Dependendo estritamente da precipitação, as escorrências superficiais são esporádicas e sazonais, acompanhando o padrão climático regional, que se relaciona, sobretudo, com a proximidade ao mar (ver **Capítulo III**, Enquadramento Geometereológico). O conhecimento das propriedades físico-químicas da água da chuva é pertinente na contextualização de parâmetros físico-químicos e na composição em elementos maiores e vestigiais.

Em Lima (2001) podem consultar-se dados de análise química da água da chuva para a região Minhota, concretamente os parâmetros de CE, pH, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Tabela V. 48) O Autor considera que a amplitude dos valores químicos não está relacionada com oscilações intrínsecas ao quimismo da água da chuva, mas a efeitos resultantes da pressão antrópica.

O intervalo de valores de pH sugere uma precipitação regional ligeiramente ácida. Todavia, comparando com o pH natural da chuva em equilíbrio com o CO<sub>2</sub> atmosférico (pH = 5), Lima (2007) considera-a relativamente alcalina. Sobre a componente iónica o Autor refere a influência conjugada de aerossóis marinhos (que integram Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Cl) e aerossóis continentais (integrando Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). O mesmo Autor refere, para o NW peninsular, o Cl como o anião dominante da água da chuva, com a concentração média de 6,6mg/L.

Tabela V. 48. Resultados analíticos representativos da água da chuva no Minho (obtidos de Lima, 2001). Espécies químicas em mEq/L.

pH	CE (µS/cm)	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
4,43 - 7,50	14,8 - 207,0	0 - 0,361	0 - 0,085	0,031 - 0,272	0 - 0,096	0,042 - 0,498	0,021 - 0,229	0 - 0,121

Na composição aniónica das escorrências amostradas em EMa (Figura V.113) destacam-se as concentrações de cloreto, nitrato e sulfato por possuírem valores mais altos.

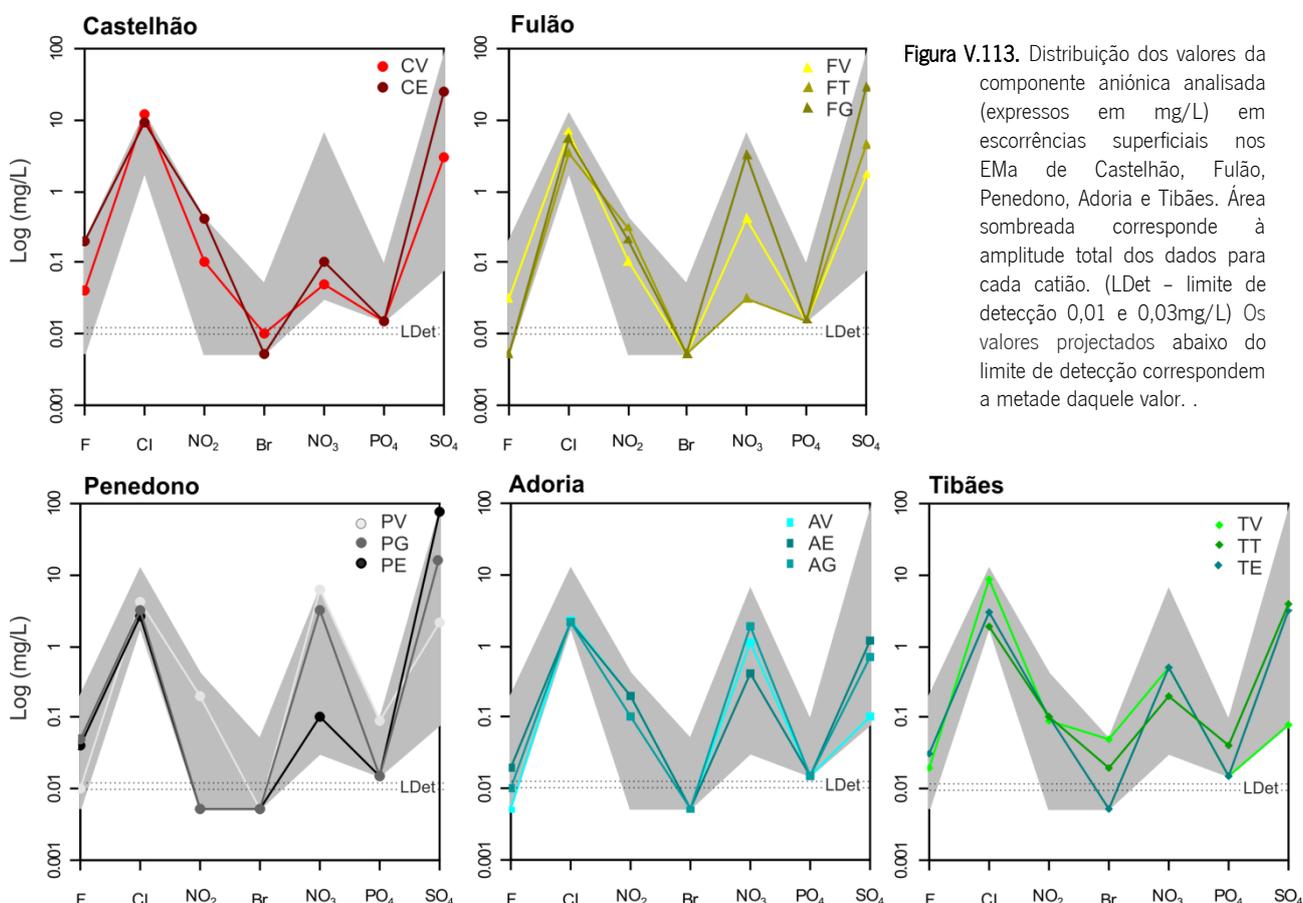


Figura V.113. Distribuição dos valores da componente aniónica analisada (expressos em mg/L) em escorrências superficiais nos EMa de Castelhão, Fulão, Penedono, Adoria e Tibães. Área sombreada corresponde à amplitude total dos dados para cada catião. (LDet – limite de detecção 0,01 e 0,03mg/L) Os valores projectados abaixo do limite de detecção correspondem a metade daquele valor. .

Nas escorrências das escombrelas de Castelhão, Fulão e Tibães o cloro está em menor concentração relativamente às escorrências fora daquela influência. Apesar do comportamento relativamente conservativo do cloro que

conduz à sua permanência em solução ao longo do ciclo hidrológico (Lima, 2007), nas escombrelas em apreço este anião veio a precipitar integrando fases neoformadas de um Cl-arsenato - mimetite  $[Pb_3(AsO_4)_3Cl]$  - (ex. EMA do Fulão e de Adoria) e, com menor expressão, um Cl-fosfato - piromorfite  $[Pb_3(PO_4)_3Cl]$ . Assim se pode explicar a leve depleção de cloro nas águas das escombrelas, em relação às águas fora da sua influência (Figura V.113).

Conteúdos de F e Br na sua maioria, em conteúdos próximos ou inferiores aos limites de detecção do método analítico (0,01mg/L e 0,03mg/L) são consentâneos com os valores médios presentes nas águas da chuva, respectivamente <0,05mg/L e 9µg/L (Lima, 2007).

As concentrações de  $NO_2^-$  e de  $NO_3^-$  mais altas das águas de escorrência afastadas dos fulcros mineiros (ex. EMA de Penedono) sugerem a influência de factores de pressão antrópica, concretamente actividades agro-pecuárias. Ambos os conteúdos dependem de condições redox e do pH do meio. O nitrito é mais instável, verificando um domínio de estabilidade restrito, em ambientes com pH = 7 e Eh entre 350 e 450 mV, presente em todas as escorrências excepto na de Penedono. O nitrato ocorre em intervalos mais largos e em condições mais oxidantes (Bailey *et al.* 2002, *cit por* Lima, 2010).

A possibilidade do  $PO_4^{3-}$  ser introduzido no meio por fertilizantes, pode explicar a sua concentração mais alta nas águas sem influência mineira de Penedono. Os valores relativos à escombrela de Tibães, ligeiramente mais altos em  $PO_4$  poderão estar, por outro lado, associados à evolução da paragénese primária que inclui fluorapatite  $[(Ca_5(PO_4)_3F)]$ , presente entre os materiais da escombrela, sob a forma de gangas de baixa cominuição.

O sulfato é o anião predominante na maioria das escorrências na influência de materiais e escavações mineiras (excepto em Adoria). A presença de sulfato está relacionada com a assinatura química da paragénese primária e também da paragénese neoformada que incluiu sais hidratados, fundamentalmente sulfatos solúveis, metaestáveis e efémeros perante os agentes meteóricos, preconizadores de fenómenos de evaporação e lixiviação.

No diagrama da Figura V.114 apresenta-se a relação de abundância entre os principais aniões. Na sua maioria estas águas são cloretadas e sulfatadas, discriminando-se as que têm influencia mineira (escombrelas, galerias e trincheiras) pelo seu carácter mais sulfuretado.

Pelo estudo dos coeficientes de correlação entre os aniões verificaram-se muito baixas correlações ( $r \leq 0,30$ ) com excepção de nitrato e fosfato ( $r = 0,73$ ), que apoia a possibilidade de se tratar de uma mesma origem, via fertilizantes agrícolas.

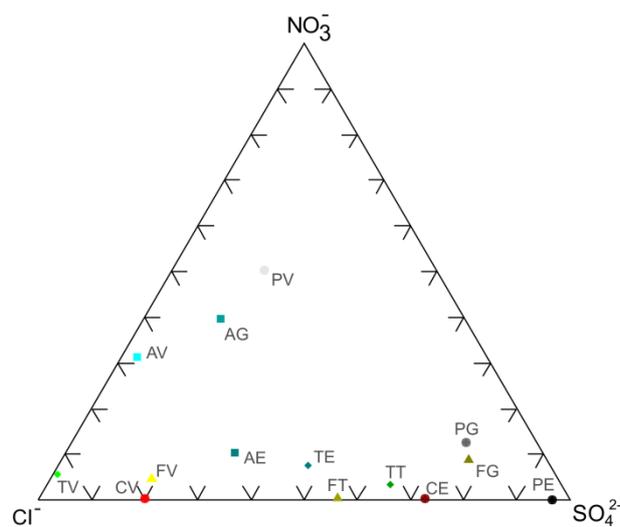
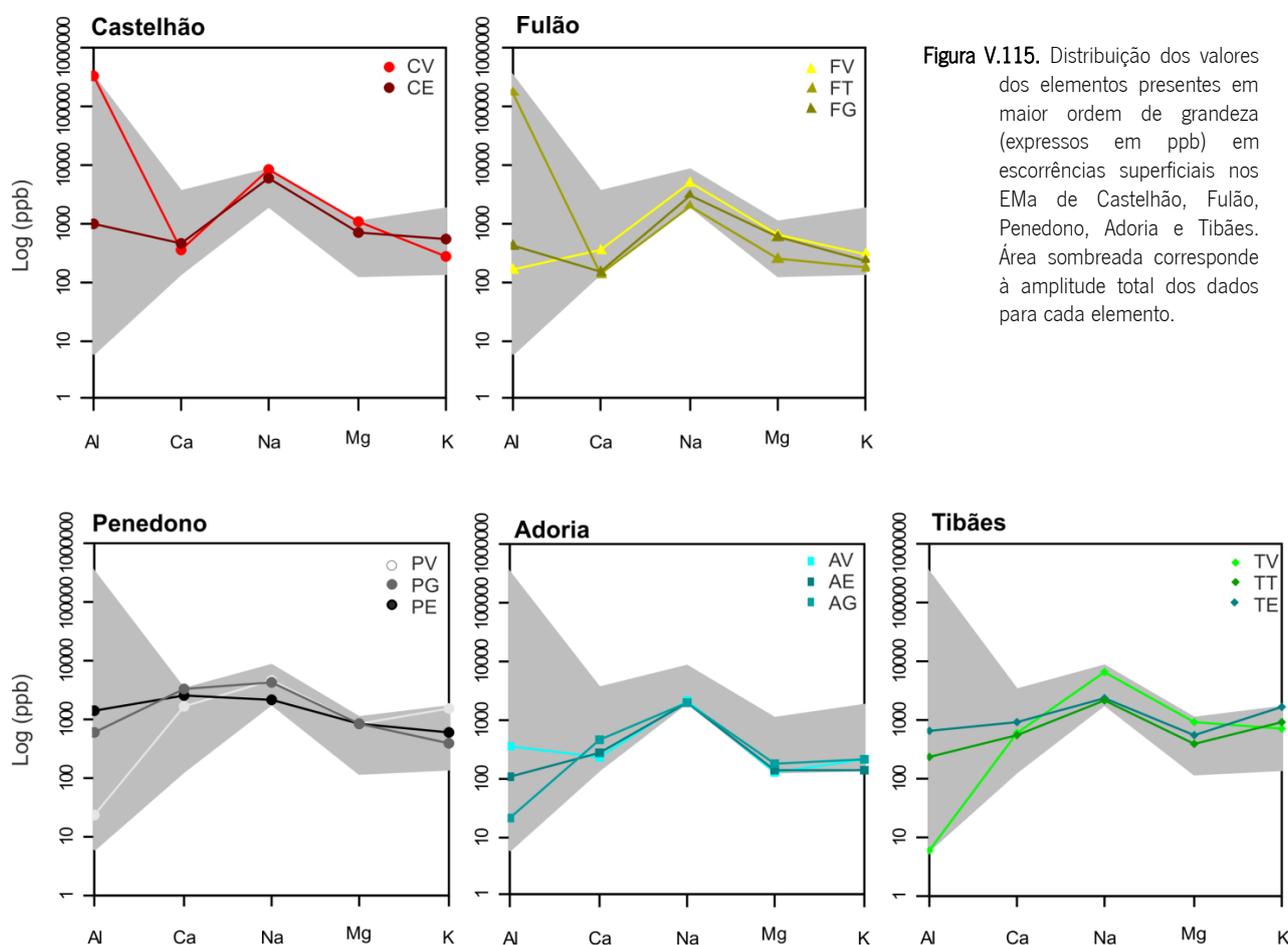


Figura V.114. Diagrama ternário  $Cl^- - NO_3^- - SO_4^{2-}$  para o conjunto das amostras de água de escorrência superficial nos vários EMA (Abreviações esclarecidas na Tabela V. 47)

## V.2.2.5.2. Distribuição de elementos maiores nas águas de escorrência em EMa

Neste estudo procura-se encontrar um padrão de distribuição, ou a ausência dele, de acordo com a abundância e correlação dos diferentes conteúdos químicos das águas de escorrência superficial nos diferentes domínios de influencia de escombrelas e/ou escavações mineiras, visando ainda a caracterização de condições de neoformação scorodíticas.

Na **Figura V.115** apresentam-se os elementos maiores - Al, Na, Mg, Ca e K - presentes nas escorrências superficiais. No conjunto total das amostras, estes elementos mostram coeficientes de correlação baixos entre si ( $r \leq 0,50$ ) com excepção de Na e Mg ( $r = 0,79$ ). No conjunto das amostras ácidas e sulfadas obtêm-se coeficientes de correlação fortes ( $r > 0,95$ ) entre Mg - Ca e Al - K.



O elemento maior que se apresenta melhor correlacionado com o  $\text{SO}_4$  ( $r = 0,84$ ) é o Al. Este está presente em todas as rochas, areias e solos da RMArga, explicando os seus elevados conteúdos nos EMa de Fulão e sobretudo no EMa de Castelhão (340,5ppm). Habitualmente a concentração de Al nas águas é muito baixa, por apresentar baixa mobilidade, e precipitar no decurso da alteração de fases primárias, vindo a integrar fases como a gibsita  $[\text{Al}(\text{OH})_3]$  e minerais de argila do grupo da caulinite  $[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]$ . A solubilidade destas fases é reduzida, ocorrendo em ambientes muito ácidos e sulfuretados ou muito alcalinos.

Para águas naturais o valor médio de Al é de 0,01ppm, sendo que valores de 1ppm são considerados por **Lima (2010)** concentrações muito elevadas que poderão atribuir-se à fracção sólida suspensa que persiste após filtragem. Um particulado fino de gibsite com diâmetros de 0,10  $\mu\text{m}$ , inferiores à malha dos filtros empregues (0,45  $\mu\text{m}$ ) no tratamento das amostras de água poderá justificar os conteúdos de Al excepcionalmente altos quantificados nos EMA de Castelhão e Fulão. A possibilidade de se formar esta fracção de gibsite microcristalina ou ainda de compostos coloidais de tipo  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , é mais provável em condições de  $\text{pH} > 4,6$  tal como observaram **Nordstrom *et al.* (1986)**.

Em muitas das águas de escorrência amostradas as concentrações de Al são muito superiores aos valores de referência para a qualidade da água de consumo humano (200ppb Al, **DL nº 306/2007**).

O Ca apresenta conteúdos relativamente baixos com excepção de Penedono (3,5 – 1,7ppm). A sua mais alta concentração na água pode ser atribuída a processos de dissolução de produtos neoformados, tais como eflorescências salinas, que incluíam gesso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), muito abundante no EMA de Penedono. Os valores médios das restantes escorrências podem estar dentro da gama de concentrações de Ca indicadas por **Lima (2007)** para a água da chuva (1,34ppm).

Em proporção equivalente ocorre o Mg, apresentando valores mais elevados nos EMA cujas litologias apresentam minerais ferromagnesianos (biotite, clorite). O conteúdo de Mg na água da chuva (0,35ppm, **Lima, 2007**), é ligeiramente inferior ao que se verifica na generalidade das escorrências, que se poderá justificar à forte influência das mineralogias as formações regionais.

A generalidade das águas de escorrência apresenta concentrações de Na similares às que caracterizam as águas de precipitação meteórica (2,05ppm, **Lima, 2007**), na maioria das escorrências mostra a mesma ordem de valores. No caso dos EMA de Castelhão e Fulão os conteúdos mais elevados de Na podem relacionar-se com a influência de aerossóis marinhos, que segundo **Lima (2010)** têm tendência para permanecer em solução.

Os conteúdos de K são ligeiramente inferiores aos que se verificam para o sódio. A tendência do K para solubilizar e permanecer em meio aquoso é reduzida, precipitando sob a forma de minerais de argila ou neoformações como a farmacosiderite [ $\text{KFe}_3(\text{AsO}_4)_3(\text{OH})_4 \cdot 6-7\text{H}_2\text{O}$ ] ou a jarosite [ $\text{KFe}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2$ ] em meios mais ácidos (**Bigam *et al.*, 1996**). Na sua maioria, as escorrências das escombreyras e fora da sua influência apresentam concentrações de K similares aos da água da chuva (0,55ppm, **Lima, 2010**). Nas escombreyras no EMA de Tibães, a existência de valores muito mais altos (1,5 – 0,9ppm) pode relacionar-se com fenómenos de solubilização/precipitação, dependentes das características dos materiais e do meio aquoso em escombreyra (granulometria, quimismo, pH do meio).

### V.2.2.5.3. Distribuição de metais e de As nas águas de escorrência em EMA

Na **Figura V.116** apresentam-se para cada EMA os elementos menores, cujos conteúdos estão entre 0,01ppb e 1ppm. No conjunto total das amostras, foram calculados os coeficientes de correlação para o conjunto ilustrado {Fe, As, Mn, Zn, Cu, Pb, Co, Cd }, o coeficiente mais forte verifica-se entre Fe-As ( $r = 0,94$ ) a maioria dos restantes situam-se

abaixo ( $r \leq 0,50$ ). Restringindo a análise ao conjunto das amostras ácidas e sulfatadas, para os mesmos elementos, o coeficiente mais forte ( $r = 1$ ) é entre Fe e As; seguindo-se ( $r > 0,90$ ) para Cu-Cd; Co-Ba.

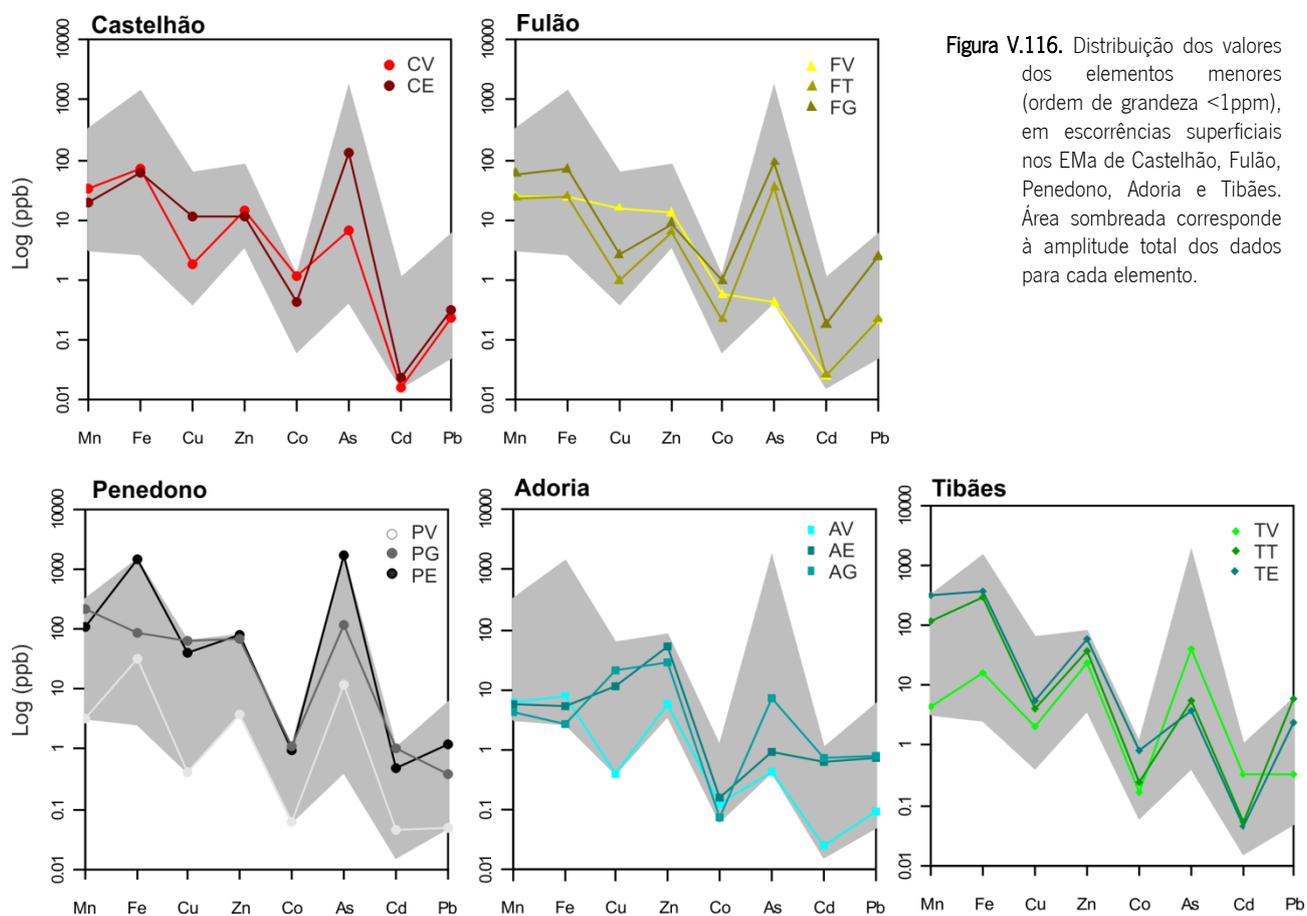


Figura V.116. Distribuição dos valores dos elementos menores (ordem de grandeza  $<1\text{ppm}$ ), em escorrências superficiais nos EMA de Castelhão, Fulão, Penedono, Adoria e Tibães. Área sombreada corresponde à amplitude total dos dados para cada elemento.

A presença dos metais Zn, Cu, Pb, Co, Cd nas escorrências estará relacionada com os principais sulfuretos presentes nas paragêneses, como a blenda, a calcopirite, a galena, mas também com sulfuretos que admitam aqueles conteúdos metálicos nas suas estruturas, como a arsenopirite e a pirite.

A concentração de Pb é relativamente baixa nas escombrelas de Adoria e trincheira do Fulão, onde está presente o arsenato de Pb - a mimetite - que é pouco solúvel e pode ser formado a partir de soluções fracamente salinas (Drahota e Filippi, 2009). A mimetite é um mineral muito estável, fixando Pb e As, dentro de um campo de estabilidade que abrange a gama de pH da maior parte das águas naturais, mesmo com algum conteúdo em sulfato (Magalhães e Silva, 2003). Na escombrela do Fulão foi ainda identificada piromorfite  $[\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}]$ , que forma solução sólida com a mimetite (ambas isoestruturais com apatite). A piromorfite e a mimetite formam uma série contínua em ambientes superficiais, com grande estabilidade, revelando-se muito eficientes na fixação metálica, motivo pelo qual são actualmente aplicados no tratamento de água e remediação de solos contaminados (Magalhães, 2002). Podem reconhecer-se conteúdos mais altos nas escorrências das escombrelas de Tibães, em que não foram reconhecidos arsenatos de Pb entre os materiais neoformados.

No que respeita aos conteúdos de Zn, tal como seria de esperar são superiores aos conteúdos de Pb (Fulão e Castelhão, apresentam estes conteúdos mais próximos). A concentração média de Zn na água da chuva, da região NW Ibérica, é de 46,7 ppb (Lima, 2007), os conteúdos detectados nas escorrências com influência mineira de Penedono e Adoria são um pouco superiores, as escorrências afastadas das escombrelas têm conteúdos <10ppb.

Nos EMA da RMArga as escorrências apresentam concentrações baixas de Zn próximas de 10ppb. Em Castelhão a quantidade de blenda identificada em escombrela é relativamente baixa, quando comparada com o EMA do Fulão, o que justifica a baixa disponibilidade no meio. No caso do Fulão pode colocar-se a hipótese de fixação do Zn proveniente da alteração da blenda em neoformações de tipo falso gossan na aceção de Moeskops (1977) (gossans que retêm ainda Zn, não lixiviado). A gossanização depende sobretudo da oxidação da pirite, que segundo Blanchard (1968) sucede à da blenda, muito embora, algum Fe implicado possa também provir da blenda, que no Fulão admite conteúdos de 6 – 6,8% Fe (Leal Gomes, 1994).

A maioria das amostras de água estudadas apresenta baixos conteúdos de Fe (inferiores a 0,4ppm). Este metal não é encarado como penalizador severo da qualidade da água para consumo; são admissíveis valores até 0,2ppm (DL nº 306/2007).

Segundo os coeficientes de correlação para o conjunto {Acidez, SO<sub>4</sub>, Fe, As, Mn, Zn, Cu, Pb, Co, Cd} a acidez e SO<sub>4</sub> mostram forte correlação com Fe e As ( $r \geq 0.99$ ). Estas correlações podem dever-se aos seguintes fenómenos: **1)** dissolução oxidativa dos sulfuretos, fundamentalmente arsenopirite e pirite; **2)** hidrólise do Fe e **3)** precipitação/dissolução de produtos neoformados de grande solubilidade

Em Penedono o terceiro factor parece ser mais influente, sendo possível admitir que a neoformação de sulfatos seja um factor de controlo e fixação de Fe a partir da solução. Para correlações similares Valente (2004) verificou que a solubilidade de Fe seria controlada por produtos neoformados tais como oxido-hidróxidos e sulfatos.

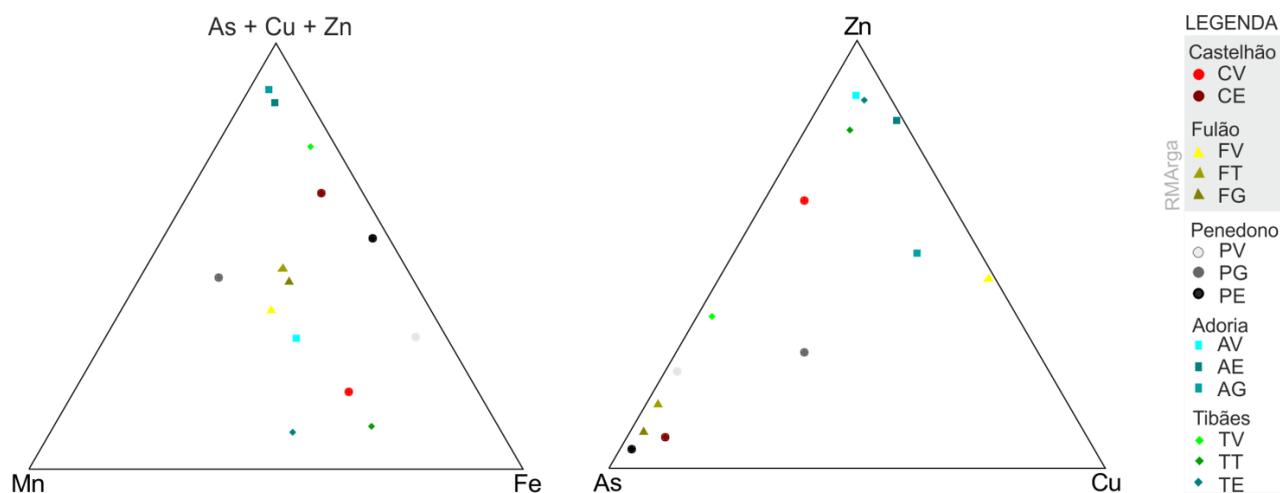
Tratando-se Penedono do EMA com valores mais altos de acidez e com pH < 3, seria de esperar, tal como constataram Corkhill e Vaughan (2009) um maior empobrecimento de As e Fe, todavia no conjunto das escorrências é o que apresenta as mais altas concentrações (As, 1647ppb; Fe, 1390ppb).

Por seu turno, o As apresenta uma expressão muito significativa nas escorrências das escombrelas de Castelhão, Fulão e Penedono, bem ilustrada na Figura V.117 e Figura V.116. Na água da chuva, na região NW Ibérica, os conteúdos de As situam-se entre de 0,265 a 1,21 ppb (Lima, 2007), as escorrências das escombrelas de Castelhão e Fulão apresentam valores aproximadamente 100 vezes acima, e Penedono mais de 1000 vezes.

Seria de esperar um contributo menor deste metalóide na água, dada a presença de scorodite (FeAsO<sub>4</sub>•H<sub>2</sub>O;) entre os materiais em contacto com a água. Em Castelhão e Penedono na água amostrada estavam blocos de quartzo com scorodite e arsenopirite.

Em Tibães, os valores de As são mais altos em escorrências afastadas das escombrelas e apresentam-se mais baixos nas escorrências da escombrela, que contactam com crustificações scorodíticas, eventualmente arsenatos de Fe amorfos, mais ou menos compactos, cujo cimento aprisiona fracções detríticas de arsenopirite.

Na **Figura V.117** ilustra-se a abundância relativa dos elementos Fe, Mn (As+Cu+Zn), com maior importância nos fenómenos de neoformação mineral, verificando-se uma maior disponibilidade de As, Zn e Fe no meio relativamente a Cu e Mn. Nos casos em que o conteúdo de As é predominante, tal como se havia referido, reconheceu-se a presença de arsenopirite e scorodite na influencia das escorrências (Castelhão e Penedono), nos casos em que o Zn é predominante a arsenopirite está ausente podendo encontrar-se scorodite em crustificações eventualmente com maior competência na fixação do As (Tibães) e com modos de ocorrência cristalinos (Adoria).



**Figura V.117.** Diagramas ternários Mn-(As+Cu+Zn)-Fe e As - Zn - Cu para o conjunto das amostras de água de escorrência superficial.

Em circunstâncias similares, **Haffert e Craw (2008)** referem cimentos scorodíticos precipitados no solo envolvente de uma área de tratamento mineiro, formando uma superfície impermeável que reteria até 30% em As. Os Autores verificaram a selagem de grãos de arsenolite ( $As_2O_3$ ) no cimento, considerando que a scorodite imobilizava o As libertado na dissolução da arsenolite. Num outro estudo dedicado a crustificações de Fe e As, **Courtin-Nomade, et al., (2002)** referem um EMA com características geológicas, mineiras e topográficas similares aos que se atendem neste estudo, mostravam lixiviação intensa com formação de crustificações finas de arsenatos de Fe hidratados, em que o cimento aprisionava jarosite com elevado conteúdo de As (até 5,7%wt.), com scorodite e goethite. Os Autores, pela evolução destes materiais, verificaram uma diminuição progressiva do conteúdo de As e a retenção temporária deste em condições mais ácidas e oxidantes. O material crustificado amorfo e de aspecto resinoso (similar ao da escombrela de Tibães) foi identificado como o mais rico em As (cerca de 17,1%).

#### V.2.2.5.4. Mecanismos de sequestro de As

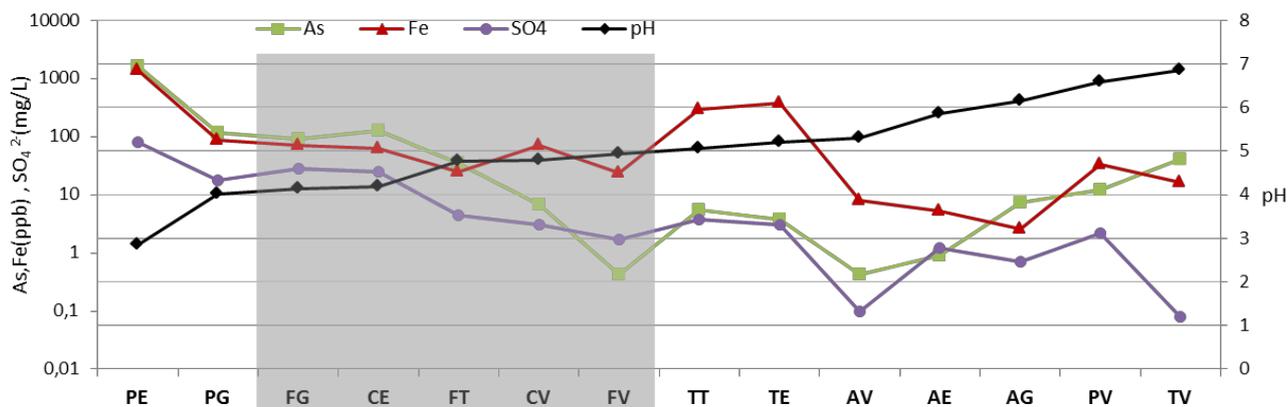
Pelo que se tem vindo a apresentar, nos ambientes de escombrela sujeitos a escorrência de águas superficiais, identificaram-se materiais que podem fixar o As e conter a sua dispersão. As crustificações scorodíticas com cimentos de

baixa cristalinidade e os arsenatos de Fe amorfos possuem elevada capacidade de adsorção. **Murciego et al. (2011)** indicam para compostos amorfos proporções molares Fe / As no intervalo 1,2 e 2,5 que sugere fenômenos de retenção condicionados pela abundância de Fe na solução. Os Autores consideram que a adsorção do As em óxidos-hidróxidos de Fe constitui um dos principais processos naturais de fixação do metalóide para valores de pH < 7,5. Nessas condições, os sítios de carga positiva na superfície do adsorvente são em maior número, muito embora **Craw et al. (2003)** tenham verificado que a presença de outros aniões possa competir pelas mesmas posições. Estes Autores observaram que estando em solução As e fosfato, este manifesta maior afinidade em relação ao Fe (III), ocorrendo preferencialmente a precipitação de fosfato de Fe em detrimento da arsenato de Fe amorfo ou scorodite.

Para o ambiente mais ácido de Penedono os conteúdos de As ultrapassam as observações laboratoriais de **Craw et al. (2003)**, muito embora todas as restantes escorrências em escombreiras mostrem conteúdos de As < 130ppb. Nas escorrências de Penedono reconhecem-se conteúdos mais próximos de Fe e As, que também se verificam nas escorrências na RMArga com influência mineira (**Figura V.118**). Com o aumento do pH verifica-se uma diminuição dos conteúdos de As e Fe nas águas de escorrência, mais acentuada para o As, que ao atingirem valores de pH ≈ 5 apresentam conteúdos menores de As.

Na **Figura V.118** podem identificar-se as tendências: As > Fe em meio mais ácido (pH<5); Fe >> As para valores de pH entre 5 e 6; novamente As > Fe em meio mais alcalino, com pH > 6(excepto para a amostra PV). O sulfato acompanha as flutuações do Fe.

	Castelhão			Fulão			Adoria			Penedono			Tibães		
	CV	CE		FV	FT	FG	AV	AE	AG	PV	PE	PG	TV	TE	TT
pH	4,8	4,18		4,93	4,77	4,13	5,30	5,85	6,16	6,59	2,86	4,010	6,85	5,21	5,05
As	6,8	129,0		0,42	35,28	89,9	0,43	0,92	7,19	12,20	1647,64	114,61	40,25	3,73	5,54
Fe	70,9	62,4		23,9	25,1	71,2	8,1	5,3	2,6	32,8	1390,0	86,4	16,6	375,7	293,7
SO <sub>4</sub>	3,0	25,0		1,7	4,4	28,0	0,1	1,2	0,7	2,2	79,0	18,0	0,08	3,1	3,8



**Figura V.118.** Relação dos conteúdos de As, Fe e anião sulfato (em escala logarítmica), com os respectivos valores de pH das águas de escorrência dos EMA em estudo. Os valores de pH são apresentados no gráfico por ordem crescente, a zona sombreada corresponde às escorrências da RMArga: Castelhão e Fulão.

A precipitação de diferentes oxi-hidróxidos de Fe parece afectar os domínios de estabilidade e solubilidade da própria scorodite e conseqüentemente a dissolução de As na água (Figura V.119). Tanto com a projecção dos conteúdos de As, como de Fe, pode verificar-se que para ambos os diagramas o campo de estabilidade da scorodite não parece estar afectado pela presença da goethite ou da ferrihidrite. As escorrências de Adoria e as escorrências sem influência directa das escombreiras de Tibães e Penedono possam tender a uma dissolução incongruente próxima do campo de estabilidade da goethite.

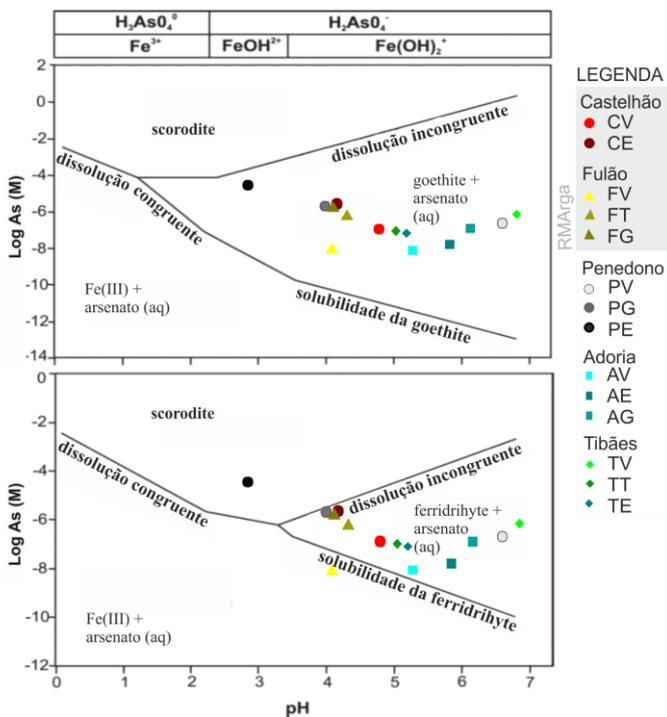


Figura V.119. Diagramas comparativos dos domínios de estabilidade da scorodite, atendendo aos mecanismos de dissolução congruente e incongruente, e a presença de diferentes oxi-hidróxidos de Fe (adaptado de Harvay et al., 2006). Projecção dos valores obtidos para águas de escorrência nos EMA em estudo.

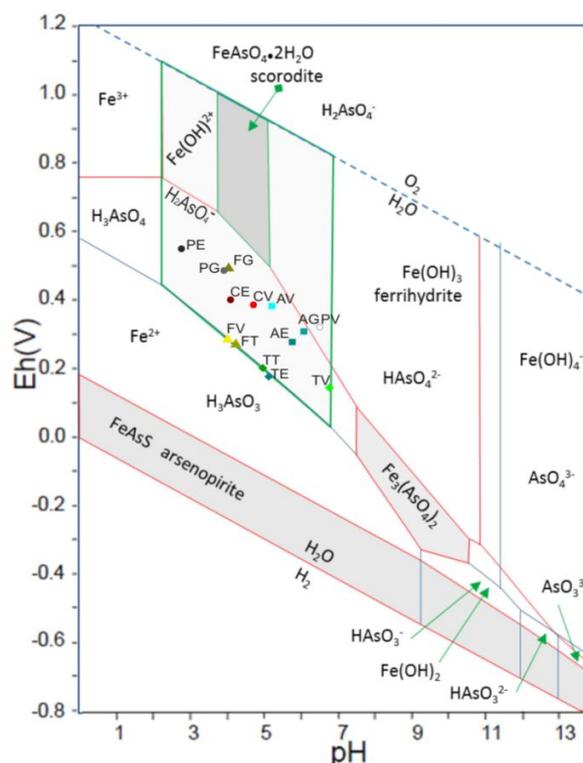
O diagrama superior apresenta um campo de estabilidade menor para a scorodite na presença de goethite, o diagrama inferior de um campo scorodite mais amplo, eventualmente quando ocorre ferrihydrite.

Pela Figura V.118 pode verificar-se que o Fe exerce um controlo importante sobre a mobilidade de As na água. Concretamente nas escorrências em estudo, a goethite será o oxi-hidróxidos de Fe que parece exercer maior influência em fenómenos de dissolução da scorodite (Figura V.119).

Projectaram-se os valores de Eh-pH das escorrências em estudo no diagrama apresentado em Zhu e Merkel (2001). Neste, destaca-se a sombreado o domínio de sobressaturação correspondente à scorodite (Figura V.120) onde se posicionam todas as amostras em estudo: nas escombreiras e escavações de Penedono, Fulão e Castelão as escorrências estão mais próximas do domínio de estabilidade da própria scorodite, os valores de Eh são um pouco mais baixos, e no caso de Penedono, o pH é também mais baixo.

Tendo em conta as observações em campo - atendendo à localização preferencial, dimensão dos cristais e cristalinidade da scorodite (DRX), considerando as condições de despejo dos materiais rejeitados com arsenopirite e tendo, ainda, em atenção as características dos efluentes - a interação água-scorodite verifica-se a maior Eh e menor pH que a interação com a arsenopirite. Esta tendência é compatível com a precipitação da scorodite para um incremento de Eh, quando a concentração de As no soluto for > 89,9ppb.

**Figura V.120.** Diagrama Eh-pH para o sistema As-Fe-S-H<sub>2</sub>O (Zhu e Merkel, 2001 - Informação da base de dados Wateq4f, software PHREEQC2). Projecção dos valores obtidos para águas de escorrência nos EMa em estudo: Castelhão (C), Fulão (F), Penedono (P), Adoria (A) e Tibães (T).



Entre os mecanismos de sequestro de As, Magalhães (2002) destaca a adsorção reforçando a influência do pH, do tamanho e estrutura das partículas adsorventes e da presença de iões concorrentes em solução e/ou matéria orgânica dissolvida: em argilas, grãos de alumina, Mn hidratado, óxidos de Al e Fe (III) (estes mecanismos vêm sendo aplicados em programas de remediação ambiental, muito embora com eficiência reduzida). A Autora refere que a capacidade de adsorção do As (V) é distinta para diferentes produtos, concretamente:

hidróxido de Al amorfo > oxi-hidróxido de Fe (III) > goethite > minerais de argila.

Entre os suportes referidos o que foi sendo mais vezes reconhecido nos EMa estudados, nos ambientes de escombreira e escavações e que se apresentava em estreita associação com a scorodite foi a goethite, várias vezes identificada em DRX em amostras compósitas.

O'Reilly *et al.* (2001) estudaram os mecanismos de dessorção de As pela goethite sob condições experimentais específicas, verificando estabelecer-se uma ligação estável entre As e a superfície da goethite de forma persistente. Reconheceram que a quantidade de As dessorvido pela goethite, usando o fosfato para promover a dessorção foi muito maior do que a quantidade de As dessorvido utilizando sulfato. Pode admitir-se que ambientes mais sulfatados diminuam a capacidade de fixação de As por parte da goethite.

#### V.2.2.5.5. Variação conjugada de indicadores hidrogeoquímicos e as mineralizações de In

Na **Figura V.121**, os valores projectados relacionam Fe, As, In e SO<sub>4</sub> face à variação conjugada dos indicadores de acidez e oxidação/redução.

As escorrências da escombreira amostrada de Penedono apresentam, generalizadamente, as concentrações mais elevadas naqueles constituintes. Este facto poderá reflectir a presença em grande quantidade de blocos de quartzo com

sulfuretos submersos, permanecendo materiais finos, relativamente desagregados entre os estêreis de maior calibre. Estes, dada a sua superfície específica maior, deverão ser mais reactivos na interacção com as escorrências e assim podem libertar constituintes.

Os mais altos conteúdos de In surgem em Penedono e Tibães. Designadamente em Tibães foram identificadas scorodites ricas em In e yanomamite.

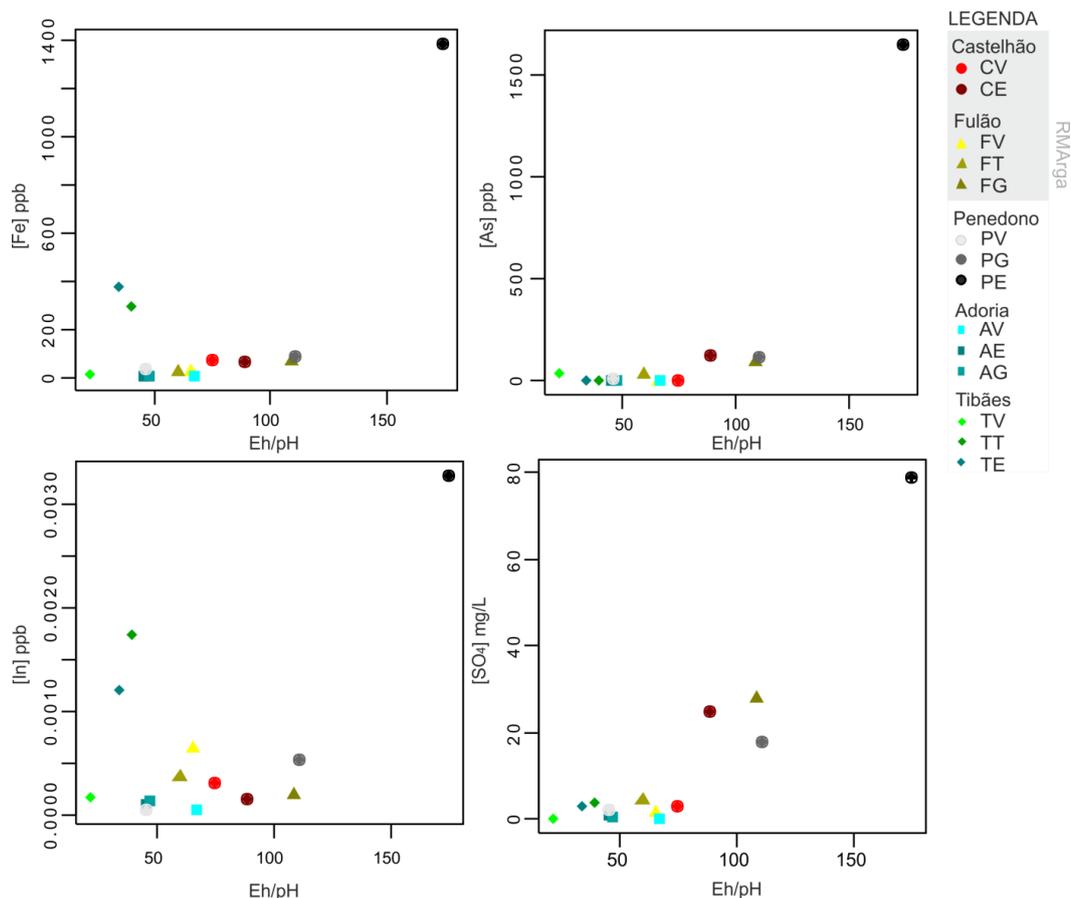


Figura V.121. Variação das concentrações de constituintes móveis perante a variação do descritor Eh/pH das águas de escorrência EMA.

Segundo a Figura V.121, os valores de Tibães, especialmente In e Fe nas escorrências da escombreira e trincheira, são bastante mais altos do que seria de esperar, considerando que estes constituintes estariam em crustificações scorodíticas relativamente consolidadas, ficando eventualmente menos disponíveis para o meio.

Com excepção de Tibães, nos restantes EMA, os conteúdos de In e Fe na água parecem correlacionar-se positivamente com a variação do Eh/pH. Relativamente ao As e ao SO<sub>4</sub>, a correlação com Eh/pH é positiva para todas as áreas.

Alguns conteúdos vestigiais (<10ppb) presentes nas águas de escorrência (Rb, Ba, Sr, Li, Be, B, Cr, Ni, La, Ce, Y, Zr, U e Hf) são apresentados na Figura V.122 para cada EMA. Os coeficientes de correlação do conjunto daqueles elementos, com Fe e As, permitiu verificar coeficientes altos ( $r > 0,90$ ) de As com U, Ce, La, Y e Li, igualmente de Fe com os mesmos elementos.

O Li e o Be estão bem correlacionados ( $r > 0,80$ ) e a variação dos seus conteúdos é expressiva entre as águas com maior influencia de escombreira ou de fundo regional; estabelecem também uma correlação forte com o Y ( $r > 0,95$ ). Em encaixantes metavulcanossedimentares Silúricos, e designadamente na RMArga, este conjunto de elementos pode

integrar mais significativamente gangas aplito-pegmatíticas de tipo LCT (Leal Gomes, 1994) e pegmatóides de segregação com assinatura híbrida (LCT a NYF), (Dias, 2012). Em Penedono e Tibães, também integram depósitos aplito-pegmatíticos de assinatura LCT (Moura *et al.*, 2011).

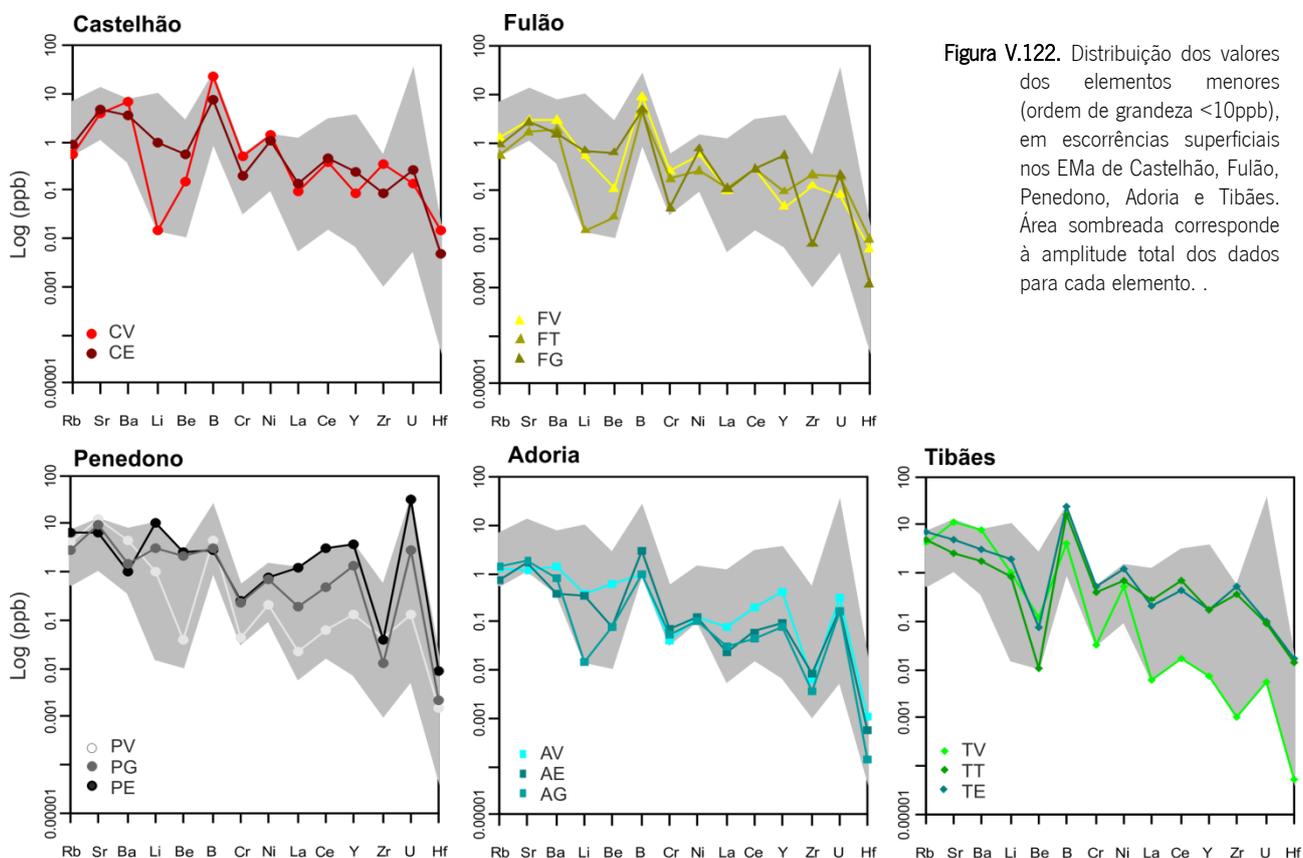


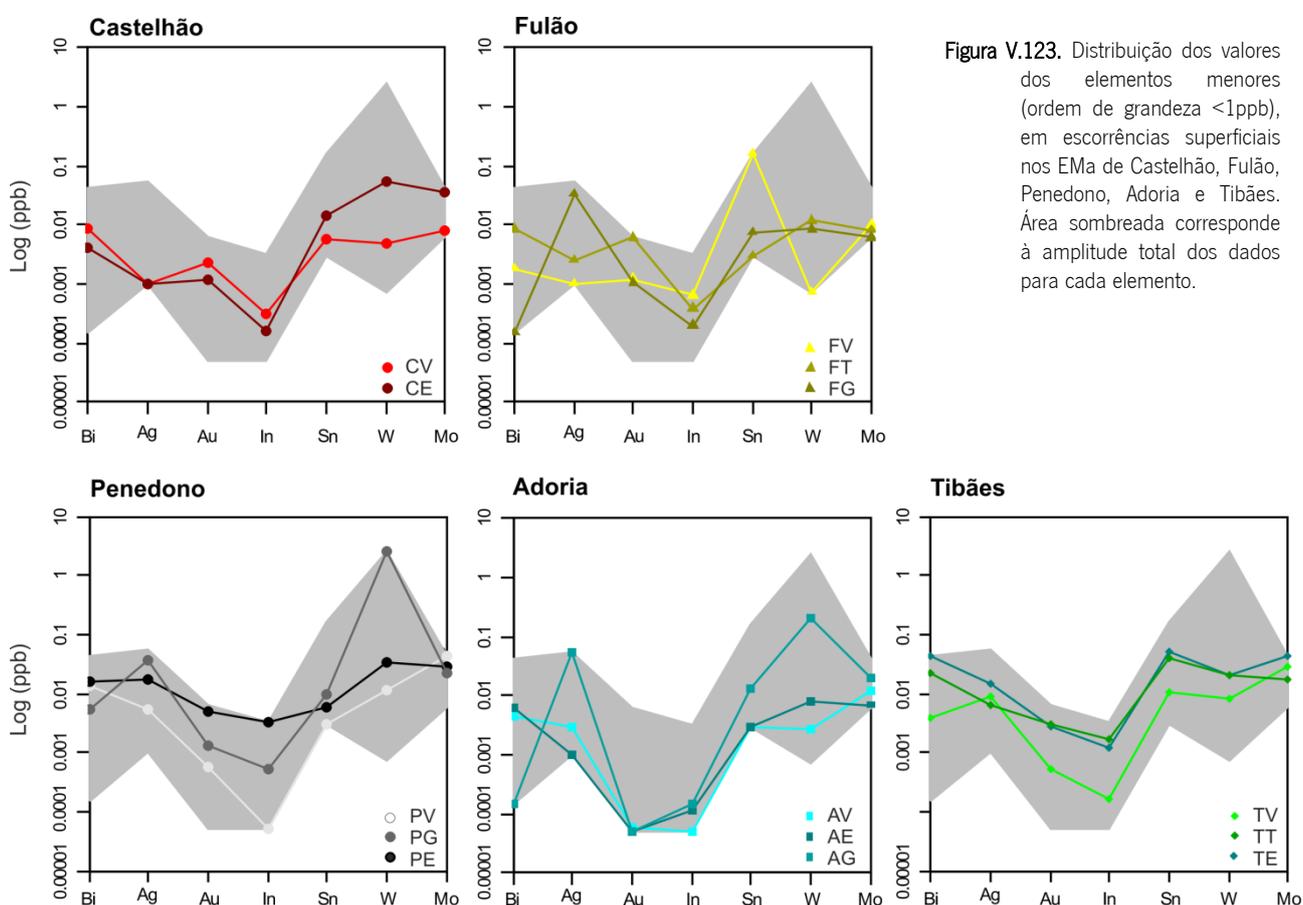
Figura V.122. Distribuição dos valores dos elementos menores (ordem de grandeza <10ppb), em escorrências superficiais nos EMA de Castelão, Fulão, Penedono, Adoria e Tibães. Área sombreada corresponde à amplitude total dos dados para cada elemento. .

No conjunto dos EMA, o B destaca-se com valores mais altos (>10ppb). Nos terrenos Silúricos veio a ser considerado preponderante, ocorrendo como constituinte principal de turmalinitos e determinante dos processos de anatexia que se verificaram em relação com aquelas litologias (Dias, 2012). A sua abundância estará relacionada com processos exalativos que recentemente se assumem caracterizadores dos terrenos parautóctones Silúricos. Em Penedono o enriquecimento correspondente neste elemento poderá relacionar-se mais estritamente com a presença de granitos com turmalina.

Nas águas de escorrência o B aparece em maior concentração nas águas não afectadas pelos materiais mineiros (cado de Castelão, Fulão e Penedono). Para o conjunto dos elementos reunidos na Figura V.122, o B apresenta coeficientes de correlação altos com Cr e Zr ( $r > 0,90$ ) e Ni ( $r > 0,80$ ). Apresenta também boa correlação ( $r \geq 0,80$ ) com Hf e Ti. As correlações verificadas neste conjunto de elementos, apenas para escorrências com valores de acidez, são mais fortes os coeficientes entre B e Ti ( $r = 0,99$ ) e B e Ni ( $r = 0,90$ ), são mais baixos os coeficientes entre B e Cr, Zr e Hf. Estas correcções podem estar relacionadas com a mobilidade em solução de cada um dos elementos, mas também podem ser correlações específicas associadas a uma remobilização a partir de associações litológicas de terrenos Silúricos (por exemplo: turmalinitos e diversas rochas portadoras de turmalina em associação com anfíbolitos) (Dias e Leal Gomes, 2010).

Relativamente a Penedono, destaca-se no perfil da **Figura V.122** o enriquecimento muito pronunciado em U (>10ppb) sobretudo nas escorrências de galeria e escombreira, contributo que se poderá dever ao granito tardi Varisco encaixante. Entre a escorrência de galeria e escombreira a diferença de concentração, substancial (aprox. 30 e 3ppb), poderá estar a ser determinada pelas condições de acidez nas duas escorrências (68 e 9 mg/L CaCO<sub>3</sub>, respectivamente). A concentração em U aparece correlacionada com as TR leves (La e Ce,  $r = 1$ ) e também com o Y ( $r > 0,95$ ), que também se estão melhor correlacionados com a acidez ( $r > 0,95$ ).

Na **Figura V.123** apresenta-se a distribuição das concentrações dos metais Bi, Ag, Au, In, Sn, W e Mo, inferiores a 1ppb. O conjunto dos elementos mostra muito baixa correlação entre si e entre As e Fe. Com estes, apenas o In apresenta valores significativos de correlação, respectivamente  $r=0,83$  e  $r=0,95$ . Apenas considerando águas com acidez, as correlações entre o mesmo conjunto de elementos são muito distintas: o Bi apresenta correlações fortes ( $r > 0,95$ ) com Au, In, As, Fe; Au apresenta ainda correlação de  $r=1$  com In, As, Fe.



O W apresenta uma grande amplitude de concentrações entre as várias escorrências, com valor muito significativo na galeria de Penedono, de Adoria e na escombreira de Castelhão. Nestes locais detectaram-se valores de pH mais altos, o que poderá estar de acordo com as observações de **Seiler *et al.*, (2005)** sobre o comportamento mais móvel do W em soluções com pH entre 7 – 9, intervalo em que favorece a concentração.

O conteúdo de In nas escorrências é muito reduzido, todavia apresenta boas correlações com Fe e TR, sobretudo as TR leves (La, Ce, Pr), tal como se observa na matriz de correlação da **Figura V.124**, que pode sugerir relações do tipo

complexação (ligando-ligante). Para este conjunto de elementos e também o SO<sub>4</sub>, Zn, TRM, TRP e pH, destacam-se na mesma figura, a sombreado, os coeficientes mais altos, nomeadamente: **Fe e In - TRL**, **As - TRM** e **TRP e SO<sub>4</sub> - TRP**.

**Figura V.124.** Matriz dos coeficientes de correlação, obtida para o total das amostras de escorrência, considerando o conjunto de parâmetros {pH, SO<sub>4</sub>, Fe, Zn, As, In, ΣTRL, ΣTRM, ΣTRP}. **TRL:** La, Ce, Pr; **TRM:** Nd, Pm, Sm, Eu, Gd; **TRP:** Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yd, Lu.

pH	0.71	0.55	0.31	0.58	0.56	0.66	0.67	0.67
SO <sub>4</sub>	0.86	0.52	0.93	0.73	0.91	0.94	0.96	0.96
Fe	0.68	0.94	0.95	0.98	0.96	0.93		
Zn	0.59	0.69	0.64	0.62	0.64			
As	0.83	0.97	0.98	0.98				
In	0.92	0.88	0.82					
ΣTRL	0.99	0.97						
ΣTRM	0.98							
ΣTRP								

Estando em consideração meios ácidos e alcalinos, não se observaram correlações entre os vários elementos e o pH. Assim, uma explicação para as correlações mais altas entre os elementos podem atender: **a)** a reacções de dissolução da scorodite (e eventualmente o termo yanomamite, caso de Tibães); **b)** oxidação e hidrólise do ferro; **c)** dissolução de sulfatos.

#### V.2.2.5.6. Caso específico das TR

Ao nível dos mecanismos de transporte de TR, sob diversas condições, a sua mobilidade pode ser explicada pela formação de complexos solúveis como sulfatos, hidróxidos, fosfatos, carbonatos, cloretos e fluoretos (MacLennan e Taylor, 1979; Nesbitt, 1979, Humphris, 1984) e ainda na forma de iões livres (Nesbitt, 1979). Recentemente, as TR têm vindo a afirmar-se como suporte e contributo analítico nos domínios da hidrogeoquímica em sistemas de baixa temperatura (Johannesson, 2005).

Apesar de relativamente abundantes na crosta terrestre, raramente ocorrem de forma concentrada. As mineralizações mais significativas para os ambientes em estudo são os fosfatos monazite e xenotima [(TR)PO<sub>4</sub>] e determinados minerais de argila que, por fenómenos de absorção, podem retêm TR. Os cristais de zircão podem também incorporar elementos TR na sua estrutura, em concentrações determinadas pela pressão, temperatura, composição e do seu ambiente genético (Hanchar *et al.*, 2007).

A bibliografia sobre a geoquímica de TR é vasta. Habitualmente são utilizados como indicadores petrogenéticos, por exemplo, as anomalias em Ce são vulgarmente utilizadas no estudo de sedimentos para despistar proveniências; anomalias negativas baixas em Ce são identificadas em precipitados a partir da água do mar.

No que respeita a águas de drenagem ácida de mina, estas têm vindo a ser um objecto de estudo por parte da geoquímica de TR (Zhanga *et al.* 1998; Johannesson, 2005; Wood *et al.* 2005; Ferreira da Silva, *et al.* 2009). Nestes ambientes, as TR surgem como indicadores de processos de geração da drenagem ácida – apoiando a identificação de fontes, reservatórios e vias de dispersão.

**Zhanga *et al.* (1998)**, em ambiente fluvial de drenagem ácida, estudaram o comportamento de elementos TR em amostras de água, sólidos suspensos e sedimentos fluviais. Concluíam que é nas frações mais finas dos sedimentos que se verificavam os maiores enriquecimentos. As características de especiação nos sedimentos finos e no material em suspensão revelaram-se muito semelhantes. Definiram 5 ordens de grandeza na afinidade de TR aos materiais estudados: residual >> ligados à matéria orgânica > ligados a óxidos de Fe e Mn > ligados a carbonatos >> em solução. Referem que cerca de 65 a 85% de TR estão nas partículas sob a forma residual, sendo a forma solúvel muito baixa. As altas proporções de TR residuais revelam que a sua presença em sedimentos e material em suspensão são controladas pela sua abundância na crosta. Cerca do conteúdo total de TR nos sedimentos existe sob a forma de carbonato (2,4-6,9%), óxido de Fe-Mn (5,2-11,1%) e em frações orgânicas (7,3-14,0%), que desempenham papéis importantes no processo de interacção de partícula-água. Os Autores verificaram que ocorrem com preferência no ambiente fluvial de drenagem ácida as TRM, enquanto a contracção em TRL e TRP é muito baixa a inexistente.

**Baua (1999)** demonstrou experimentalmente que as taxas de oxidação de Ce (III) diminuem significativamente a formação de oxi-hidróxidos. A capacidade para a oxidação de Ce (III) é drasticamente mais elevada em sistemas com precipitação recente de oxi-hidróxidos de Fe, do que em sistemas com TR dissolvidas a interagir com oxi-hidróxidos de Fe pré-formados, evidenciando equilíbrio entre a fase aquosa. As anomalias de Ce, segundo **Baua (1999)**, podem ser utilizadas para interpretar ambientes em que ocorra precipitação recente de oxi-hidróxidos de Fe.

**Hannigan (2005)** comparou a composição de TR em fluidos geotérmicos, relativamente a águas superficiais e sedimentos/precipitados, constatando que a temperatura tinha grande influência na fraccionação de TR nos fluidos amostrados. O Autor reconheceu anomalias de Eu (Eu/Eu\*) e Ce (Ce/Ce\*) que se poderiam relacionar tanto com a herança da Eu e Ce abundante nas rochas hospedeiras, como pelo fraccionamento diferencial nos materiais de acolhimento, durante a interacção água-rocha. Estas duas anomalias são inversamente proporcionais nas águas e sedimentos. Nos sedimentos mostram correlação positiva; nas águas mostram uma correlação negativa. Segundo o Autor, estas correlações dão informações sobre o quimismo dos fluidos e a natureza da sua interacção com o material aquoso. Ainda, a distinção entre TR menores e maiores, expressa processos competitivos: a interacção água-rocha em profundidade, interacção do aquífero e a litologia hospedeira, lixiviação diferencial das TR, neoformação de fases minerais e precipitação de minerais secundários na interacção com fluidos geotérmicos, podendo resultar na drenagem de fluidos altamente evoluídos nas águas superficiais.

**Ferreira da Silva *et al.* (2008)** apresentam um estudo sobre TR em ambientes de drenagem ácida de mina na Faixa Piritosa. Os Autores relacionam vários suportes geoquímicos como rochas hospedeiras, sedimentos de leito, águas superficiais e drenagens ácidas no EMA de Lousal, sob maior e menor influência de materiais de escombreira e efluentes. O padrão de TR reconhecido para amostras de mão mostrou um enriquecimento em TRM, com anomalias positivas pouco pronunciadas na presença de materiais caulinizados e albitizados. Os padrões correspondentes aos sedimentos de leito fora da influência da mina, mostram uma tendência plana ou levemente enriquecida em TRL. Os padrões relativos às águas ácidas mostram um enriquecimento de TRM, relativamente a TRP e TRL. Os Autores referem para as águas ácidas concentrações de TR (totais) 2 ou 3 ordens de grandeza superior às concentrações das águas superficiais. As drenagens ácidas apresentam concentrações de TR totais máximas de 0,375 a 2,846 ppm. Verifica-se uma redução das concentrações de TR totais com o aumento de pH de 3 a 6. No mesmo estudo indica-se uma grande influência da

precipitação de eflorescências e neoformações de sulfatos (hexahidrato, rozenite, szomolnokite, alunita, gesso, halotrychite, coquimbite, copiapite e schwertmannite) nas margens de cursos de água ácida. Na proximidade de eflorescências de sulfatos a concentração de TR sofre uma fraccionação selectiva de TRP para oxi-hidróxidos de Mg e Al e a depleção destes do meio aquoso.

Neste estudo, os conteúdos de TR determinados em águas de escorrência superficial (e principais cálculos associados) estão reunidos na **Tabela V. 49**; a sua distribuição normalizada ao NASC (Gromet *et al*, 1984), para cada EMA é ilustrada na **Figura V.125**.

**Tabela V. 49.** Composição em elementos Terras Raras de águas de escorrência superficial colhidas em EMA. Cálculos associados: somatório de TR (SumTR); somatório TR leves (SumTRL); somatório TR intermédios (SumTRM); somatório TR pesados (SumTRP); razão normalizada ao NASC para TRL (LaN/GdN); razão normalizada ao NASC (Gromet *et al*, 1984), para TR pesados (LaN/YbN); anomalia em Eu (Eu/Eu\*); anomalia de Ce (Ce/Ce\*), índices obtidos segundo os cálculos apresentados na **Tabela II.8 (Capítulo II)**

	Castelhão		Fulão			Adoria			Penedono			Tibães		
	CV	CE	FV	FT	FG	AV	AE	AG	PV	PE	PG	TV	TE	TT
pH	4,8	4,18	4,93	4,77	4,13	5,3	5,85	6,16	6,59	2,86	4,01	6,85	5,21	5,05
T	<b>10</b>	<b>9,8</b>	<b>9,3</b>	<b>8,9</b>	<b>11,2</b>	<b>11,5</b>	<b>12,2</b>	<b>11,6</b>	<b>7,3</b>	<b>7</b>	<b>6,6</b>	-	-	-
EC	60,6	69,8	38,4	23,16	58,7	18,06	13,34	17,16	49,5	497	99,6	50,1	27,6	19,3
Eh	<b>358,1</b>	<b>370,8</b>	<b>270,7</b>	<b>259</b>	<b>449,4</b>	<b>355,4</b>	<b>264,8</b>	<b>291,1</b>	<b>302,5</b>	<b>498,8</b>	<b>444,4</b>	<b>150</b>	<b>178</b>	<b>200</b>
SO <sub>4</sub>	3	25	1,7	4,4	28	0,1	1,2	0,7	2,2	79	18	0,08	3,1	3,8
La	0,097	0,143	0,1	0,113	0,108	0,08	0,024	0,03	0,023	1,18	0,195	0,006	0,213	0,286
Ce	0,393	0,474	0,287	0,285	0,286	0,197	0,062	0,043	0,059	3,08	0,497	0,016	0,449	0,707
Pr	0,027	0,068	0,025	0,033	0,029	0,022	0,007	0,003	0,007	0,4	0,065	0,001	0,05	0,076
Nd	0,103	0,356	0,094	0,127	0,125	0,089	0,028	0,016	0,03	1,57	0,261	0,002	0,184	0,276
Sm	0,023	0,116	0,019	0,027	0,03	0,026	0,009	0,004	0,008	0,498	0,087	0	0,04	0,055
Eu	0,007	0,025	0,004	0,006	0,008	0,004	0,001	0,001	0,004	0,061	0,014	0,003	0,014	0,017
Gd	0,009	0,025	0,009	0,011	0,01	0,008	0,002	0,001	0,002	0,131	0,024	0	0,017	0,023
Tb	0,005	0,019	0,004	0,005	0,01	0,008	0,002	0,001	0,003	0,131	0,029	0	0,009	0,011
Dy	0,017	0,077	0,009	0,021	0,072	0,045	0,012	0,007	0,016	0,653	0,163	0,001	0,034	0,038
Ho	0,003	0,013	0,002	0,004	0,019	0,009	0,002	0,002	0,004	0,111	0,031	0	0,007	0,007
Er	0,013	0,048	0,008	0,017	0,06	0,026	0,007	0,005	0,012	0,301	0,087	0,001	0,022	0,027
Tm	0,001	0,007	0,001	0,003	0,01	0,003	0,001	0,001	0,002	0,037	0,012	0	0,002	0,003
Yb	0,011	0,055	0,006	0,016	0,065	0,02	0,006	0,004	0,012	0,248	0,075	0,001	0,019	0,02
Lu	0,002	0,009	0,001	0,003	0,01	0,003	0,001	0,001	0,002	0,034	0,011	0	0,003	0,003
SumTR	0,711	1,433	0,567	0,67	0,844	0,539	0,164	0,12	0,182	8,435	1,549	0,03	1,061	1,549
SumTRL	0,517	0,685	0,412	0,431	0,423	0,299	0,093	0,076	0,089	4,66	0,757	0,023	0,712	1,069
SumTRM	0,142	0,522	0,126	0,171	0,174	0,127	0,04	0,023	0,044	2,26	0,385	0,005	0,254	0,372
SumTRP	0,051	0,227	0,03	0,069	0,247	0,114	0,03	0,021	0,049	1,515	0,407	0,002	0,095	0,109
LaN/GdN	1,813	0,993	1,849	1,716	1,767	1,64	1,701	3,926	1,63	1,532	1,406	5,104	2,144	2,097
LaN/YbN	0,81	0,247	1,715	0,65	0,157	0,383	0,397	0,658	0,179	0,449	0,244	1,132	1,047	1,356
Eu/Eu*	2,059	2,107	1,186	1,52	2,044	1,195	1,283	1,491	3,865	1,064	1,331	44,117	2,415	2,173
Ce/Ce*	1,886	1,191	1,409	1,154	1,253	1,168	1,165	1,084	1,183	1,107	1,093	1,928	1,07	1,186

Atendendo aos dados da **Tabela V. 49** e com base na bibliografia citada, reconheceram-se os seguintes aspectos:

- Os padrões de TR em concentrações mais altas, em todos os EMA (com excepção de Adoria) correspondem às amostras de água mais afectadas pelos materiais de escombreira ou escavações mineiras. Na escombreira amostrada de Penedono estas concentrações são excepcionalmente elevadas, sendo também mais alta a concentração de sulfato, a condutividade eléctrica e mais baixo o pH. As escorrências fora do domínio de influencia de rejeitos mineiros, em Tibães, apresentam os valores mais baixos de TR;
- Às concentrações mais altas em TR totais correspondem os valores de pH mais baixos das águas de escorrência, o que se verifica em todos os EMA;
- Os conteúdos mais altos de TRL verificam-se em escorrências com valores mais baixos de pH, e os de TRP ocorrem aos mais altos valores de pH, o que é coerente com as observações de Johannesson e Lyons (1994 *cit por* Leybourne *et al*. 2001);

- Os conteúdos em TRL são mais elevados relativamente às mais TRM e TRP, o que reflecte um grau de meteorização relativamente alto (Nyakairu et al. 2001 cit por Ferreira da Silva et al. 2008);
- O enriquecimento de TRM não é apreciável, muito embora estas sejam consideradas por Zhanga et al. (1998) as principais TR mobilizadas para a drenagem ácida.
- Os perfis TRL no Fulão apresentam valores próximos nas diferentes amostras e os valores em TRP afastados.

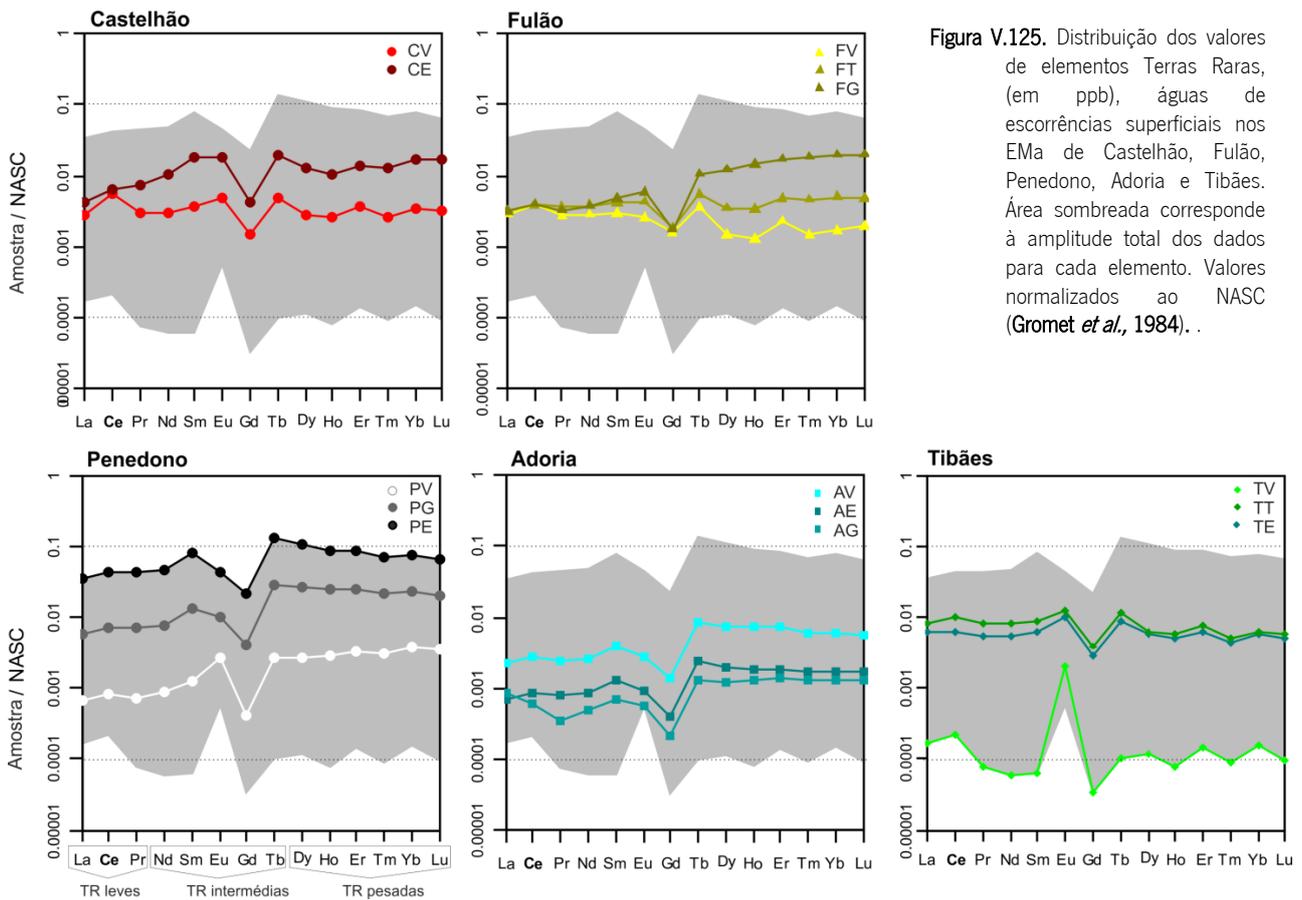


Figura V.125. Distribuição dos valores de elementos Terras Raras, (em ppb), águas de escorrências superficiais nos EMA de Castelhão, Fulão, Penedono, Adoria e Tibães. Área sombreada corresponde à amplitude total dos dados para cada elemento. Valores normalizados ao NASC (Gromet et al., 1984).

- Relativamente ao NASC, todos os perfis apresentam anomalias negativas muito pronunciadas em Gd; os índices LaN/GdN são mais altos em águas não afectadas pelos vestígios mineiros;
- O Ce é a TR em mais alta concentração em todas as águas de escorrência; embora se reconheça tratar-se de um elemento facilmente incorporado em oxi-hidroxidos de Fe, sob condições de pH baixo (Ferreira da Silva et al., 2008), não se verifica neste trabalho a sua depleção expectável;
- No EMA de Tibães, concretamente nas águas de escorrência mais afastadas da escombreira, observa-se relativamente ao NASC, uma forte anomalia positiva de Eu\*; esta anomalia, normalmente atribuída à alteração da plagioclase e à presença de caulinite, pode ser explicada, neste caso, pela influência de uma exploração de caulino, contígua ao EMA em estudo.

### V. 3. SISTEMAS COM PARAGENESES DE ELEVADA REACTIVIDADE E FORTE INTERACÇÃO MINERAL – ÁGUA

Na RMArga distinguiram-se ambientes de drenagem contrastantes no que respeita à co-variação pH e conteúdo metálico (Zn, Cu, Cd, Ni, Co e Pb, segundo a projecção no diagrama de Ficklin - **Figura V.3**). Em cada um destes observou-se a ocorrência de crustificações: num dos casos de tipo scorodítico e noutra de tipo ferralítico. Estas crustificações constituem, numa primeira análise, um indicador expedito diferenciador de ambientes de drenagem.

Os sistemas com paragénese de elevada reactividade e forte interacção mineral – água estão associados a crustificações de tipo ferralítico. Atribuiu-se a esta tipologia o EMA de Valdarças, na RMArga e considerou-se usar para comparação o EMA de Santa Justa. Nestes sistemas ocorrem drenagens ácidas a muito ácidas e a dissolução de conteúdos elevados de metais pesados e metalóides.

No EMA de Valdarças os cursos de água mais afectados são o Ribeiro do Poço Negro - Rio Coura (**Figura V.126 1**). Estes cursos foram anteriormente alvo de monitorização para caracterização de impacte ambiental em **Valente (1996, 2004)**, e estudo do comportamento hidrogeoquímico de efluentes e sua dispersão.

No presente estudo adoptaram-se algumas das estações de monitorização já estabelecidas em **Valente (1996, 2004)**, para a amostragem de águas e sedimentos de leito. Esta efectuou-se numa extensão de cerca de 14km, tendo-se definido 11 estações e 3 colheitas por ano (entre 2007 e 2011). Nestes locais foram realizadas medições *in situ* de parâmetros físico-químicos, que precederam as acções de amostragem. Pontualmente, foram também amostrados precipitados ferralíticos, organismos específicos e restos vegetais mineralizados.

No EMA de Santa Justa (**Figura V.126 2**), tomada para comparação, tanto o contexto mineiro como o depósito mineral são muito distintos do EMA de Valdarças, distinguindo-se também o carácter reactivo das paragénese, o calibre dos resíduos e a sua disposição em escombrelas, que drenam para os cursos de água. Todavia, as observações no terreno que levaram à selecção deste EMA, foram: a extensa área de escombrela exposta com sulfuretos e produtos neoformados, a ocorrência de crustificações ferralíticas e produtos sobrenadantes nos cursos receptores de drenagem das escombrelas e escavações.

Para o estudo de sistemas com elevada reactividade paragenética considerou-se importante abordar: **1**) contexto mineiro alargado e características geológicas dos depósitos minerais e seus encaixantes; **2**) contexto climático e aspectos hidrodinâmicos, concretamente do Rio Coura; **3**) linhas gerais do programa de reabilitação ambiental na “Área Mineira de Covas”; **4**) evolução espacial e temporal da dispersão química nos sistemas hídricos; **5**) observações expeditas da componente ecológica em drenagem ácida, e produtos de neoformação associados, especificamente no Ribeiro do Poço Negro; **6**) análise textural, mineralogia e geoquímica de sedimentos; **7**) dispersão mineralométrica em drenagens ácidas e casos comparativos na RMArga.

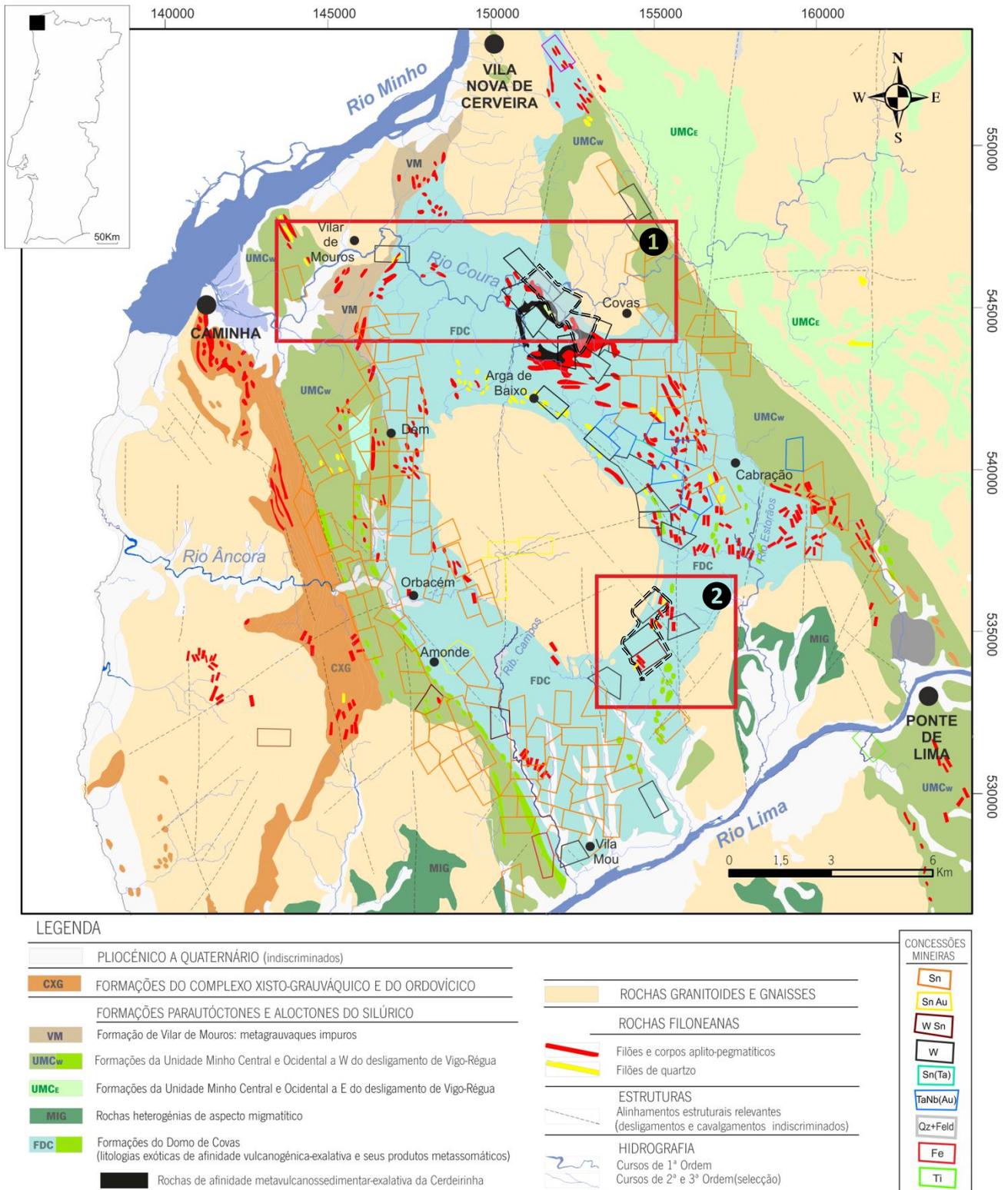


Figura V.126. Localização das áreas de estudo dedicadas a sistemas de elevada reactividade paragenética na interacção mineral - água: ① Extensão do Rio Coura entre o granito de Romarigães (campos mineiros da Serra de Covas a Norte e do Lousado, a Sul) e a zona de estuário e foz do Coura (campo mineiro de Dem), a área a tracejado corresponde ao EMA de Valdarças (campo mineiro de Valdarças); ② Encosta SE da Serra d'Arga - campo mineiro de Santa Justa - a área a tracejado corresponde ao EMA de Santa Justa, abordado neste estudo.

### V. 3.1. PARTICULARIDADES GEOLÓGICAS E MINEIRAS DE VALDARCAS

Definiu-se que o EMA de Valdarcas integra as áreas de concessão de Valdarcas, Fraga e Fervença, pela continuidade de infra-estruturas mineiras e contiguidade espacial dos fenómenos observados (polígono tracejado na **Figura V.126** ①). As infra-estruturas mineiras mais relevantes – galerias, socavão, lavaria, oficina de afinação e forno – estão na área de Valdarcas, iniciando-se aqui uma parte da escombreira principal, que se estende para a área de Fraga. Este EMA integra o campo mineiro com o mesmo nome, em que se exploraram os depósitos do Domo de Covas, a abordar na ríbrica seguinte

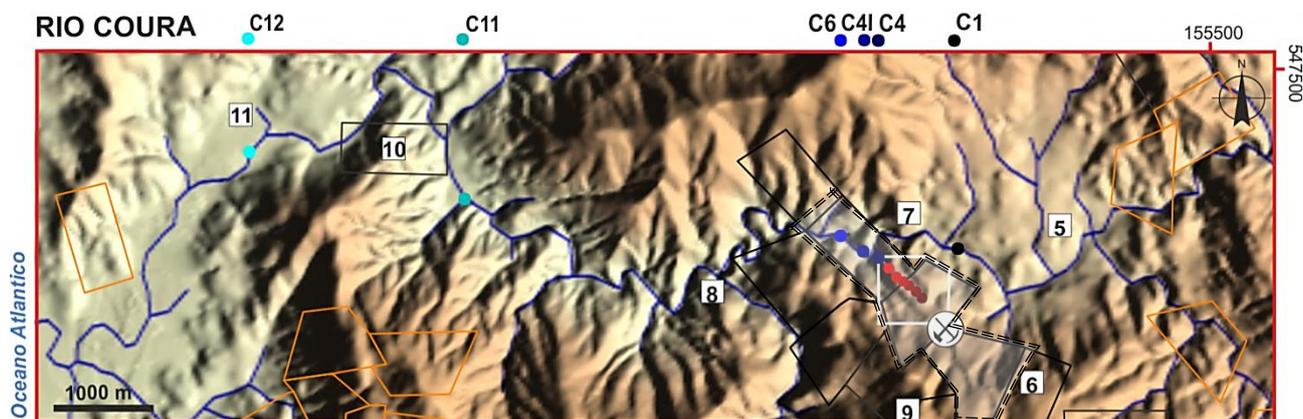
O Ribeiro do Poço Negro é o principal curso de água receptor dos efluentes que drenam a escombreira principal. Por observação da configuração topográfica e disposição das linhas de cumeada, admite-se que a nascente corresponderá à base da escombreira de Valdarcas. Em **Valente (2004)** encontram-se dados topográficos sobre a evolução do perfil do ribeiro ao longo de três décadas (cartas topográficas de 1975 e 1997, e levantamento expedito de 2003). A Autora refere um acréscimo de cota por acumulação de resíduos desde a escombreira principal que terá ocorrido no período de lavra activa, de 1950 a 1984, mas que veio a persistir após abandono, refere ainda a “*sedimentação de produtos precipitados a partir da oxidação e neutralização do efluente rico em ferro*”. Neste estudo, estes precipitados compreendem generalizadamente uma crustificação ferralítica.

Segundo o diagrama de tratamento de minérios da lavaria de Valdarcas, abordada no **Capítulo IV.2 (Figura V.1)**, os calibres gerados nas operações de fragmentação (prévias à flutuação e hidroconcentração) estariam entre 0,7 e 2mm. Tal carga de finos, processada ao longo de duas décadas, terá tido uma influência determinante nas fracções detriticas herdadas que integram as crustificações desenvolvidas ao longo do curso de água.

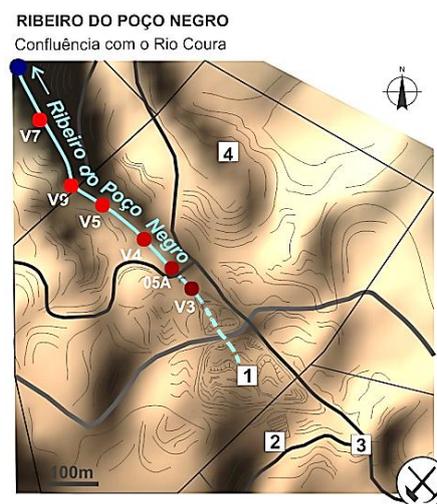
Neste percurso seleccionaram-se seis estações de amostragem estabelecidas em **Valente (2004)**, designadamente **V3, 05A, V4, V5, V9, V7 (Figura V. 127)**. O sistema de monitorização da dispersão hidrogeoquímica e mineralógica é mais abrangente, incluindo estações no Rio Coura, entre Covas e Vilar de Mouros, concretamente **C1** a montante; **C4** e **C4I** na zona de confluência do Ribeiro do Poço Negro e o Coura e a jusante **C6, C11** e **C12 (Figura V.126** ① e **Figura V. 127)**.

No mesmo campo mineiro, existem outras áreas de exploração, além das que integram este EMA, que exercem influência significativa sobre o Rio Coura, e são: *Lapa Grande* (através de cursos de água afluentes do Coura, a 1300m e 800 m para montante da estação **C1**) e *Cerdeirinha* (através da Ribeira de Arga, tributária do Ribeiro de São João que desagua no Coura a cerca de 2800 m a jusante da estação **C6, Figura V. 127)**. As duas áreas mineiras possuem vestígios de tratamento de minério e acumulados de resíduos de baixa granulometria, céus abertos e frentes de desmonte expostas. Ambas possuem cobertura vegetal significativa e, em observações expeditas, reconheceu-se que a maioria dos acumulados de resíduos apresenta superfícies relativamente crustificadas. Estas estruturas poderão justificar o reduzido incremento detrítico ou a ausência de indícios de destabilização química sobre o sistema fluvial do Coura, tais como: a turbidez, o enrubescimento da água, produtos floculados sobrenadantes. Estes indícios são bem reconhecíveis, por exemplo, ao longo Ribeiro do Poço Negro.

Contudo, tanto a Lapa Grande, como a Cerdeirinha, durante o período de lavra, eram responsáveis por impactes negativos nos cursos de água e áreas envolventes, expressamente documentados nos processos de concessão. (**Dossier 2976** - Plano de Lavra e Aditamento, 1955; **Dossier 2947** - Plano de Lavra, 1955; **IV.18-20 ANEXO**). As razões indicadas para alguns dos impactes mais severos referiam a natureza muito reactiva de sulfuretos e hidróxidos (percentagem maior das gangas), a elevada friabilidade e cominuição dos rejeitos (lamas, ou na gíria local “*jorras*”), a instabilidade física das zonas de acumulação de resíduos, com queda, arrastamento e assoreamento de cursos de água afluentes do Rio Coura.



**Figura V. 127.** Localização das estações de amostragem C1, C4, C4I, C6, C11, C12 no Rio Coura (troço Romarigães - Foz no Rio Minho) e V3, 05A, V4, V5, V9, V7, no Ribeiro do Poço Negro (figura de pormenor). Modelo digital de terreno com base altimétrica (escala 1:25000). Coordenadas cartográficas EPSG: 20790 (Lisbon, Portuguese National Grid). **LEGENDA:** 1 - escombreira principal intersectada pela Estrada Municipal, área maior a Sul e menor a Norte, correspondendo com a nascente do Ribeiro do Poço Negro; 2 - lavaria-sede do Couto Mineiro de Valdarcas [unidades de britagem (>25mm), granulação e moagem; classificação (<1mm); flutuação em células; hidroclassificação; flutuação em mesas (diagrama de 1983, que vinha sendo ampliado e adaptado à especificidade do material, desde 1952)]; 3 - oficina de afinação de concentrados (ustulação, separação electromagnética e lixiviação ácida desfosforizante com HCl); 4 - Localidade de Vilares (Covas, Vila Nova de Cerveira); 5 - localidade de Covas; 6 - concessão mineira de Lapa Grande; 7 - Albufeira de Covas, imediatamente a montante da barragem (mini-hídrica de France); 8 - Foz da Ribeira de São João; 9 - área de concessão da Cerdeirinha; 10 - área de concessão de Castelhão; 11 - localidade de Vilar de Mouros.



Além da drenagem proveniente do EMA de Valdarcas e campo mineiro correspondente, outros EMA podem constituir focos de dispersão de resíduos e contaminação de água sobre aqueles cursos de água. Com influência directa sobre o Rio Coura, a montante de Covas (**Figura V.126** ❶ e **Figura V. 127**), pode referir-se o campo mineiro da Serra de Covas (concretamente as áreas concessão mineira de Serra de Covas e Penedo do Outão) e o campo mineiro do Lousado (a área de Regueira da Amieira). Estas concessões exploravam cassiterite, fundamentalmente em depósitos aluvionares e, ainda, em filões aplitepegmatitos com desmontes sub-superficiais de pequena dimensão. Os seus vestígios - escavações e tratamento de minérios - são contudo pouco relevantes.

A jusante do EMA de Valdarcas, e designadamente na encosta de Argela, referem-se antigas áreas de exploração mineira - aluvionar e eluvionar - de cassiterite e, eventualmente, ouro. Conhecem-se mais de duas dezenas de registos de manifesto mineiro no período de 1918 e 1987 (**GEPPAV, 2013**), muito embora nenhum tivesse desencadeado um alvará de concessão (área designada de “Minas do Dr. Gavinha”, topónimo adoptado na Carta Topográfica 1:25000).

Ainda, a jusante, pode referir-se a influência da concessão mineira de Castelhão, com vestígios de desmonte e escombrelas mais ou menos dispersas nas encostas que drenam directamente para o Rio Coura. Acresce o facto de, no período de 2006-2008, a zona com os principais vestígios mineiros ter sido intervencionada para a construção de uma rodovia de primeira ordem (A28). A obra implicou a remobilização de materiais das escombrelas, o soterramento de um socavão, de galerias e trincheiras, a terraplanagem de céus abertos e o desmonte parcial da encosta. Das operações resultou a exposição de rejeitos que incluíam sulfuretos e de secções do depósito remanescente. Além das escorrências superficiais que atravessam as escombrelas dispersas, os sistemas de drenagem da rodovia descarregam no Coura, a cerca de 1,4 Km da última estação de amostragem, em Vilar de Mouros (C12, **Figura V. 127**).

### V. 3.1.1. Geologia Regional e Depósito de Covas (EMa de Valdarcas)

No campo mineiro de Valdarcas, o depósito explorado está associado a uma megaestrutura em antifórme, ou domo, erodido, com configuração interpretada pela primeira vez por **Janecka e Starnad (1970)**, designada de *Domo de Covas*. Os primeiros estudos dedicados a este depósito mineral tiveram objectivos essencialmente de prospecção e assistência mineira, concretamente na mina de Fervença (**La Cueva e Ramos, 1958; La Cueva, 1960**), Valdarcas (**Barreto de Faria e António Ribeiro, 1967**) e Lapa Grande (**Janecka e Starnad, 1970**).

Os programas de prospecção que acompanharam o desenvolvimento mineiro do Couto de Valdarcas estão documentados em **Rocha Gomes e Alvoeiro de Almeida, 1971; Bronkhorst e Farinha, 1979**. Posteriormente, estes foram alargados para o território que compreende a RMArga (**Rocha Gomes, 1985**).

A partir de resultados de sondagens combinados com prospecção magnética e observações geológicas em frentes de desmonte das minas de Valdarcas, Fervença e Cerdeirinha, **Rocha Gomes e Alvoeiro de Almeida (1971)** consideram a formação mineralizada um *skarn* tungstífero. Em programas sistemáticos de geofísica, segundo séries de perfis longos – longitudinais e transversais – os Autores deduziram a geometria do *skarn* e apontaram áreas potenciais numa extensão superior a 4Km. Segundo estes, o *skarn* teria um comportamento mais ou menos contínuo e interestratificado nos níveis das formações Silúricas que incluíam um nível – guia de quartzito. A área com maior potencial, proposta por aqueles Autores, foi declarada cativa para efeitos de prospecção (**DG nº140, II Série, de 18-07-1970**).

**Teixeira et al. (1961)** referem que os depósitos explorados pelas concessões de Fervença, Valdarcas, Lapa Grande, Cerdeirinha e Fraga teriam forma lenticular, localizados no contacto ou na proximidade de xistos clorito-sericíticos, quiastolíticos e o granito de grão médio, de duas micas, de Covas. As lenticulas teriam espessura de 1 - 3 m, sendo constituídas, fundamentalmente, por massas de sulfuretos (pirrotite, pirite, arsenopirite, calcopirite) às quais se associam a volframite, scheelite e pseudomorfoses de ferberite após scheelite. Os Autores referem ainda na paragénese apatite, moscovite, clorite e quartzo. Na Cerdeirinha, **Teixeira et al. (1961)** mencionam o predomínio da scheelite, enquanto em Valdarcas e Fervença, predominaria volframite e pseudomorfoses de ferberite.

Segundo **Conde et al. (1971)**, o *skarn* constituiu um nível litológico, que terá sido sujeito a intensa deformação regional, que lhe conferiu uma espessura irregular. Neste, os Autores descrevem o seguinte cortejo mineral: vesuvianite, actinolite-tremolite e pontuações de scheelite; aos minerais silicatados cálcicos típicos associam ainda apatite e albita,

pirrotite, arsenopirite e pirite. A distribuição das associações paragenéticas seria muito heterogênea: zonas onde predominam os minerais silicatados cálcicos – albite e apatite – domina scheelite e ferberite; zonas com sulfuretos maciços, seriam mais pobres, ocorrendo preferencialmente a volframite e, raramente, a scheelite.

As mineralizações de W – tanto scheelite como volframite – referidas em **Bronkhorst e Farinha (1979)** estariam disseminadas nos níveis de *skarn*, constituiriam bolsadas com algumas centenas de metros de comprimento, por um máximo de 100m de largura. Os Autores referem o zonamento destas bolsadas: na parte central, mais rica em sulfuretos, predominava a volframite, e no bordo mais ricas em minerais calcossilicatados, onde predomina a scheelite.

Segundo **Coelho et al. (1985)** e **Coelho (1993)**, os *skarns* teriam resultado principalmente da transformação metassomática de calcários impuros a dolomias e seqüências greso-pelíticas encaixantes por interação com fluidos de derivação granítica. Os Autores consideram o processo metassomático complexo, com diversas etapas de percolação de fluidos, daí resultando paragêneses e texturas complexas, e atribuem a estes processos a introdução do W no sistema. **Coelho (2003)** propôs ainda uma forma de cálculo de reservas, com métodos de modelização litostratigráfica do jazigo, com base na integração de dados litológicos das sondagens do SFM, em arquivo no LNEG.

Mais recentemente, **Leal Gomes et al. (2011)** e **Dias (2012)** propõem para o Domo de Covas, uma configuração estrutural correspondente a uma *mega-dobra em bainha*, formulada na 2ª fase de deformação Varisca, e com flancos e plano axial posteriormente arqueados na 3ª fase. Segundo os Autores, as litologias competentes que marcam a estrutura antiforme são: rochas metacarbonatadas siliciosas, anfíbolitos, rochas psamíticas poligênicas, turmalinitos poligênicos e níveis de sulfuretos maciços. A estrutura mostra uma dupla vergência, com eixo maior orientado segundo WNW-ESSE.

Em **Dias (2012)** encontra-se o estudo litoestratigráfico das sucessões litológicas mais representativas do Domo de Covas, intersectadas em sondagens na mina de Valdarcas (em arquivo na litoteca do LNEG) observadas nos taludes expostos na corta da Cerdeirinha e em afloramentos do sector designado Costa da Ventosa. Designadamente em Valdarcas reconhece-se a enquadrar o *skarn* mineralizado níveis mais ou menos contínuos de metavulcanitos félsicos, análogos a leptitos. Na Cerdeirinha, reconhecem-se como níveis mais contínuos encaixantes de sulfuretos maciços e *skarns* com W, níveis de grossularitos, plagioclasitos com apatite e sulfuretos e rochas siliciosas com apatite (“*green silica rock*”). Na Costa da Ventosa descreve um conjunto de litologias quartzofílicas e fílicas heterogêneas, muito ricas em turmalina e apatite (com assinaturas que incluem TR, Y, Hf), com grande número de segregações restíticas e venulares de quartzo com minerais de Be.

A partir das observações no Domo de Covas de outras áreas da RMArga, **Dias (2012)** propõe um modelo de génese vulcanogénico – exalativo, singenético, para aqueles depósitos. Reconhece a existência de metavulcanitos calco-alcalinos e transicionais, anfíbolitos de natureza alcalina, e ainda diversas litologias de natureza sedimentar exalativa, proximais e distais, formadas em bacia *proto-riftogénica* intra-continental desenvolvida em contexto de retro-arco. Admitindo este ambiente geodinâmico a Autora propõe que os depósitos do Domo de Covas possam ser equivalentes aos depósitos referidos como *Broken Hill type* (BHT), usando os seguintes critérios de comparação: **1)** abundância de fácies com silicatos de **Ca-Fe-Al-Mg** e **Fe-Mn-Si**; **2)** abundância de scheelite e volframite em rochas calcossilicatadas e grossularitos; **3)** forte abundância de fluorapatite e fluorite nos principais níveis mineralizados; **4)** scheelite hospedada em

anfíbolitos; **5)** níveis estratóides, mineralizados com sulfuretos e tungstos; **6)** níveis intercalados de turmalinitos e forte dispersão da turmalina pela sucessão vulcanossedimentar; **7)** natureza bimodal do vulcanismo (produtos félsicos e máficos), relacionados com a distensão *riftogénica*; **8)** sucessão metassedimentar pelítica e psamítica com grande possança; **9)** frequência de plagioclasitos ricos em sulfuretos; **10)** evidência de um nível impermeável à circulação de fluidos representado pela “*green sílica rock*”; **11)** possível existência de precipitados carbonatados, típicos de bacias pouco profundas e endorreicas.

Esta hipótese genética é ainda corroborada pelas observações de **Leal Gomes *et al.* (2011)** que identifica, nos níveis mais ricos em sulfuretos da sucessão da Cerdeirinha, estruturas análogas a dispositivos proto-fumarolianos relativamente bem preservados, onde se encontram secções com anidrite. **Dias (2012)** também considera a possibilidade dos fluidos mineralizadores terem afinidade mantélica (relacionados com os episódios de vulcanismo que vieram a originar rochas básicas alcalinas), os quais, enriquecidos em constituintes como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{P}$ ,  $\text{F}$ , seriam capazes de mobilizar/complexar grande conteúdo de metais, incluindo o W. A descarga destes fluidos, eventualmente hibridizados com água do mar, no fundo marinho que terão originando as concentrações de sulfuretos e tungstos dos depósitos.

A paragénese primária do depósito, descrita em **Bayer (1968)**, **Coelho (1993)** e **Dias (2012)**, e consequente paragénese secundária em escombeira, descrita em **Valente (2004)** inclui: scheelite; ferberite (em parte produto de substituição e pseudomorfose após scheelite); volframite; pirrotite; lolingite; bismutinite; arsenopirite; pirite (em parte produto de alteração hidrotermal e supergénica de pirrotite e neoformação); epidoto (substituído por idocrase); anfíbola (pseudomorfose após clinopiroxena e substituição da escapolites); clorites (alteração de anfíbolos e biotite, em associação com a pirite); moscovite (associação à clorite); calcite (alteração da volastonite associada à fluorite e como produto supergénico); hidrotungstites (alteração da scheelite e eventualmente ferberite pseudomórfica); óxidos de Fe e argilas (neoformações de um espectro alargado de minerais, fundamentalmente presente no gossan primitivo, entretanto completamente explorado).

Pelo exposto, e atendendo ao inventário mineralógico realizado em acumulados dispersos ao longo de cursos de água receptores de drenagem da mina de Valdarcas e nas cortas da mina da Cerdeirinha (**Tabelas IV.29 a 31, atrás**), pode referir-se que o depósito apresenta grande diversidade e complexidade paragenética, combinando mineralogias de carácter fortemente reactivo (sulfuretos maciços) e neutralizador (associações calcossilicatadas e metacarbonatadas).

A reacção das litologias metacarbonatadas com as exalativas sulfuretadas gera um antagonismo químico sublinhado em **Valente (1996, 2004)**. A Autora refere-se a associações minerais que exercem maior controlo em fenómenos supergénicos em escombeira, diferenciadamente geradores de acidez (**Tabela V.50**).

Com base em critérios de análise textural em amostra de mão e lâmina, **Valente (1996)** sugeriu uma escala qualitativa de alterabilidade dos minerais, identificando a abundância relativa de cada uma das fases envolvidas (**Tabela V.50**). Segundo **Valente (2004)**, a pirrotite e a pirite controlam a reactividade geral, com principal implicação na geração de drenagens ácidas. A meteorização e a elevada lixiviação, favorecida pela drenagem ácida, promove o desenvolvimento de neoformações mineralógicas supergénicas, abordadas em **Valente (2004)**.

**Tabela V.50.** Termos de abundancia e alterabilidade relativa do espectro de minerais típicos da paragênese primária do depósito do Domo de Covas. (Adaptado de Valente, 1996). SIMBOLOGIA: dureza - escala de Mohs (Du); densidade (de); a) vesuvianite  $[(Ca,Na)_{10}(Al,Mg,Fe)_{10}(SiO_4)_{10}(Si_2O_7)_4(OH,F,O)_{10}]$ ; b) actinolite-tremolite  $[\square\{Ca\}_2\{Mg,Fe\}_2(Si_4O_{22})(OH)_2 - \square\{Ca\}_2\{Mg\}_2(Si_4O_{22})(OH)_2]$ ; c) epidoto  $[Ca_2Fe_2Al_2(Si_2O_7)(SiO_3)O(OH)]$ .

			Du	de	ALTERABILIDADE	
Geradores de acidez	Sulfuretos	marcassite	FeS <sub>2</sub>	6	4,9	
		pirrotite	Fe <sub>7</sub> S <sub>8</sub>	4	4,7	
		pirite	FeS <sub>2</sub>	6	5	
		arsenopirite	FeAsS	6	6,2	
Neutralizadores lentos de acidez	Silicatos (típicos de skarn)	almandina- espessartite	(Fe,Mn) <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	7	4,3	
		volastonite	CaSiO <sub>3</sub>	4,5	2,9	
		vesuvianite	a)	6,5	3,4	
		actinolite-tremolite	b)	5,5	3	
		grossulária	Ca <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	6,5	3,6	
		diópsido	CaMgSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	5,5	3,2	
		epidoto	c)	3,4	7	
		apatite	Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> F	5	3,1	
	Silicatos	feldspatos potássicos	KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	6	2,5	
		albite	NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	6	2,6	
		quartzo	SiO <sub>2</sub>	7	2,6	
Neutralizadores rápidos de acidez	Carbonatos	calcite	CaCO <sub>3</sub>	3	2,7	
		siderite	FeCO <sub>3</sub>	4	4	
Minérios	Tungstatos	scheelite	CaWO <sub>4</sub>	4,5	6,1	
		volframite	(Fe, Mn) WO <sub>4</sub>	4,5	7,3	
		ferberite	FeWO <sub>4</sub>	4,5	7,5	

ABUNDÂNCIA: muito abundante pouco abundante

### V. 3.1.2. Particularidades geológicas e mineiras de Santa Justa – Estorões (EMa de Santa Justa)

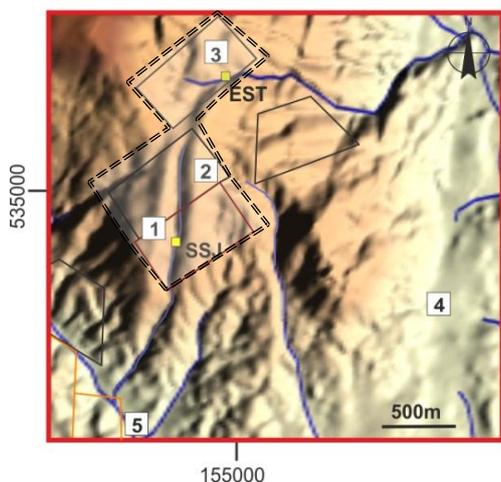
Definiu-se que o EMa de Santa Justa compreende as áreas de concessão Serra de Santa Justa, Santa Justa n.º2 e Estorões (polígono tracejado da **Figura V. 128**). As duas primeiras áreas, contíguas, são atravessadas pela Ribeira de Santa Justa, tributária da Ribeira da Silveireira e esta do Rio Lima. A concessão de Estorões é atravessada pelo Regato de Água levada tributário do Rio Estorões e este do Lima

As concessões de Santa Justa foram intensamente exploradas desde a primeira década do séc. XX até, possivelmente, meados do século. O período de lavra não foi contínuo; atendendo à transferência entre sociedades concessionárias podem indicar-se três períodos de actividade: **1º)** 1918-1933; **2º)** 1938-1942 e **3º)** 1942 até ao pedido de abandono em 1967 e 1973, respectivamente, Serra de Santa Justa e Santa Justa n.º2.

Nestas minas a exploração era realizada sobre filões de quartzo com sulfuretos e volframite, segundo trincheiras e galerias em flanco de encosta, e ainda em depósitos aluvionares ao longo da Ribeira de Santa Justa e seus tributários. As substâncias exploradas incluíam volframite, cassiterite e ouro. Os vestígios das escavações mineiras e áreas de escombreira anexas são bem reconhecíveis no terreno e marcam a paisagem nesta encosta da serra (**Figura V. 130A**)

A concessão de Estorões é mais tardia, de 1943, e terá tido lavra durante uma década, aproximadamente. Entre os vestígios mais importantes reconhecem-se trincheiras e galerias parcialmente colapsadas, entre as zonas reservadas à pastorícia, muros erguidos do material dos próprios desmontes. As escombreiras são conspícuas por toda a área representada na **Figura V. 129B**, os materiais com menor calibre parecem assorear cursos de água como o Regato de Água Levada (**Figura V. 130F**).

**ENCOSTA SE DA SERRA D'ARGA**  
RIBEIRA DE SANTA JUSTA – REGATO DE ÁGUA LEVADA



**Figura V. 128.** Localização das estações de amostragem no EMA de Santa Justa: **SSJ** na Ribeira de Santa Justa (área de concessão de Serra de Santa Justa) e **EST** no Regato de Água Levada (área de concessão de Estorãos). Modelo digital de terreno com base altimétrica (escala 1:25000). Coordenadas cartográficas EPSG: 20790 (*Lisbon, Portuguese National Grid*). **LEGENDA:** **1** – área com maior incidência de vestígios mineiros – escavações tais como trincheiras e galerias em flanco de encosta e múltiplas escombrelas ao longo e nas entradas das escavações; **2** – santuário de Santa Justa, antigos “quarteis de Santa Justa” que alojavam trabalhadores e direcção técnica das concessões – ponto de cota mais elevada; **3** – área de exploração da mina de Estorãos, no sopé da encosta da Serra, grande dispersão vestígios mineiros na zona de cumeeada a N, escombrela principal a S; **4** – limite W da planície de inundação do Rio Estorãos; **5** – áreas de concessão dedicadas ao Sn - Calvelo e Três Caminhos - inscritas sobre a Ribeira da Silveira, tributária do Rio Lima.

A área correspondente a estas concessões tem vindo a registar vários incêndios. A par destes incidentes, as encostas têm sido alvo de programas de reflorestação, com operações de ripagem profunda (Figura V. 129 A). Reconhece-se algum esforço, sem sucesso, de soterrar as trincheiras mais profundas com o próprio material de escombrela. Deste modo, as escombrelas que não se confinam à entrada de galerias, ou que estejam na sequência de trincheiras, têm vindo a ser muito dispersas e/ou recobertas.

Em períodos mais pluviosos, os cursos de água de carácter torrencial, promovem frequentemente o arrancamento de terrenos de cobertura sobre escombrelas e escavações, expondo os resíduos das lavras antigas e seus produtos de evolução supergénica.

O depósito inclui diversos filões de quartzo com sulfuretos e volframite. Especificamente nas escombrelas da mina de Estorãos foi também identificada scheelite. Terão sido explorados acima de uma dezena de filões, em escavações mais ou menos individualizadas, com desmonte praticamente total da massa quartzosa até, pelo menos aos 50 m de profundidade. Segundo os vestígios e a cartografia mineira nos processos de Santa Justa (*Dossier 803* e *Dossier 2761*), pode dizer-se que os filões seriam paralelos, com direcção NW - SE, sub-verticais e possanças médias de 0,2m.

Na área de Estorãos, os vestígios reconhecidos sugerem um sistema filoniano com atitudes distintas, a que estariam associados aplito-pegmatitos, também eles explorados.

Os materiais de desmontes e primeira escolha, identificados junto a trincheiras e galerias, incluem quartzo, pirite, arsenopirite e ainda apatite, com maior expressão em Estorãos, além de volframite e scheelite. Reconheceu-se também cassiterite, com menor expressão, em matrizes quartzo-micáceas. Nos planos de lavra da mina mais antiga (Serra de Santa Justa, década de 1910) é ainda referida exploração de ouro, sem especificar a proveniência filoniana ou aluvionar.

No troço médio da Ribeira de Santa Justa realizou-se amostragem de água e sedimentos, no sopé de escombrelas (Figura V. 129 A), e na entrada de uma galeria com drenagem directa na ribeira (Figura V. 130 C).

Na área de Estorãos, a N de Santa Justa, realizou-se amostragem de água e sedimentos, no Regato de Água Levada, em zona assoreada por matérias de escombrela de diversos calibres (Figura V. 130 F).

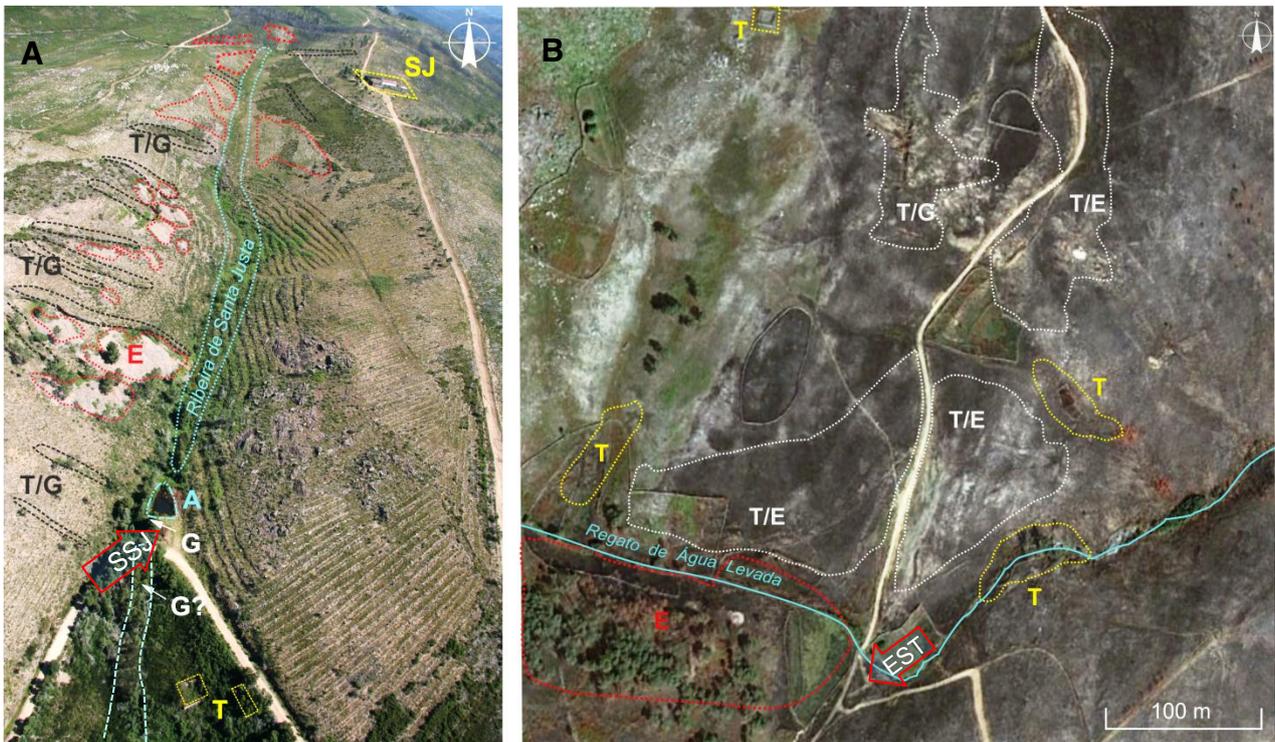


Figura V. 129. Principais áreas de exploração no EMA de Santa Justa: **A** - Vista Aérea da principal área de exploração de Santa Justa, vertente W onde são visíveis trincheiras e galerias (T/G), escombrelas dispersas ou localizadas nas entradas das escavações (E), zona de tratamento (T), com dois edifícios em ruína e o corredor da Ribeira de Santa Justa que é intersectado pelo estradão de montanha (largura de 4,5m) e parcialmente assoreado por material detrítico pouco grosseiro, a amostragem (SSJ) foi realizada após o açude; **B** - Imagem de Satélite da área mineira de Estorões (41°47'43"N, 8°40'41"W, Google Earth™ 7.0.3.8542, imagem captada a 19 de Out.2010), área de exploração com muitos vestígios de trincheiras, poços e galeria (T/G) e trincheiras associadas a acumulados de materiais (T/E), várias zonas associadas a tratamento e lavagem (T), inclusive ao longo dos regatos, como é o caso do de Água Levada, no qual foi realizada amostragem de água e sedimentos (EST).

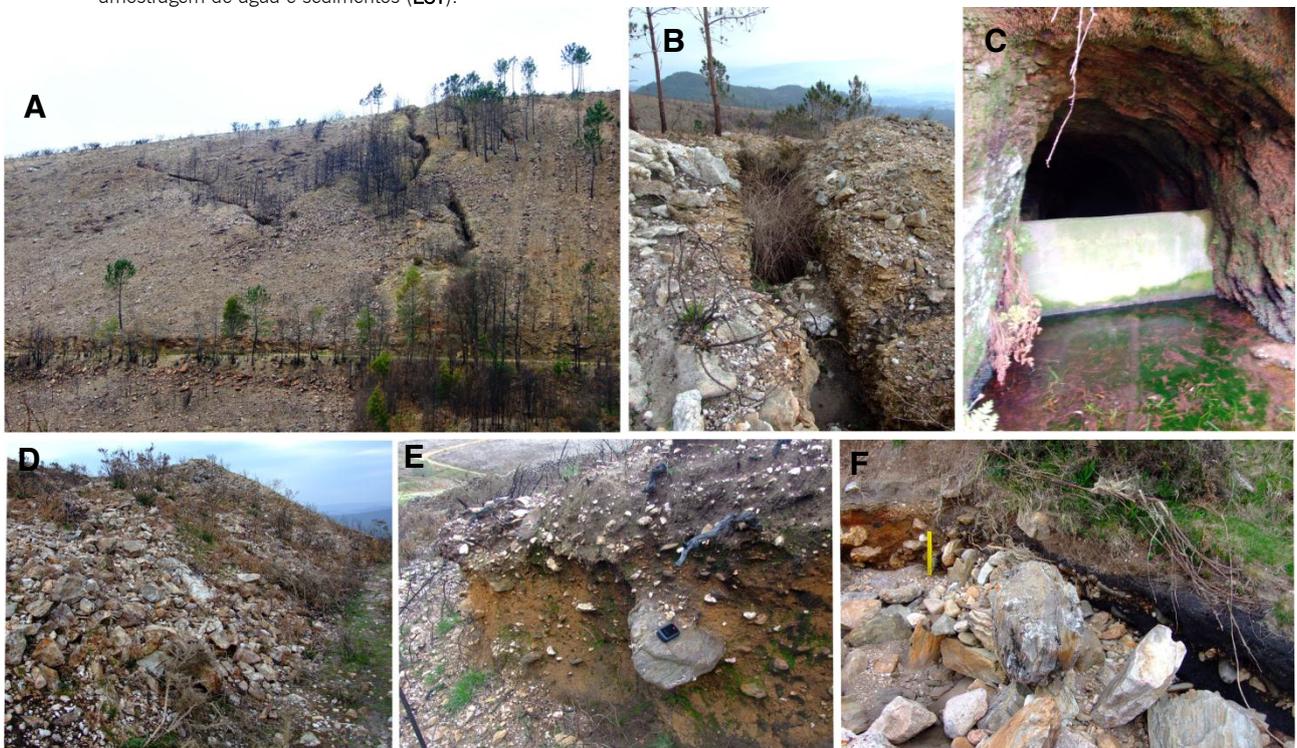


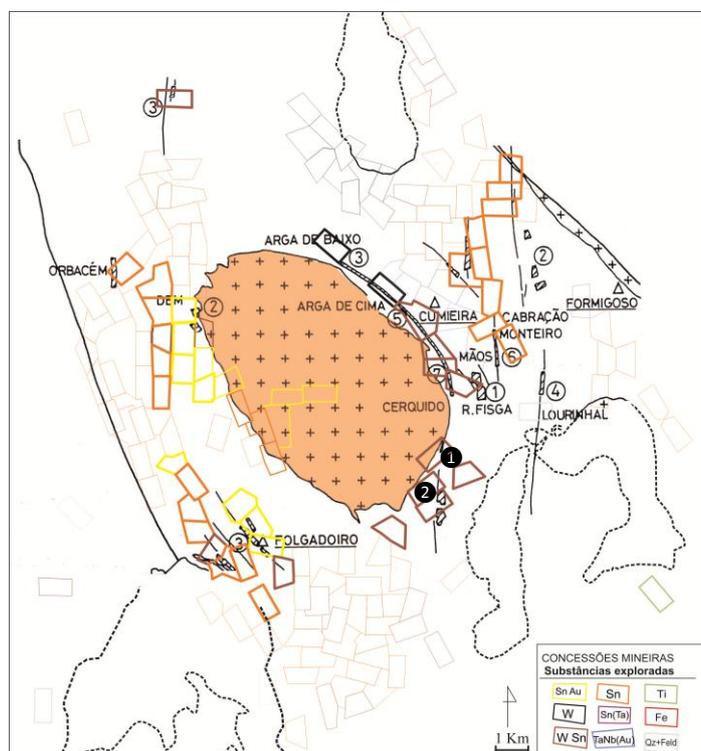
Figura V. 130. Vestígios mineiros no EMA de Santa Justa: **A, B e C** - área de Santa Justa, trincheiras da encosta W com materiais desmontados e escombrelas dispersas, galeria em flanco de encosta com drenagem permanente (10m do local amostrado SSJ); **D, E, F** - área de Estorões, material grosseiro em acumulados volumosos, alguns dos quais parcialmente soterrados, nas zonas próximas dos cursos de água de regime torrencial, reconhecem-se perfis de escombrelas, arrancados nos períodos muito pluviosos em que os regatos apresentam caudais significativos, são ainda evidentes marcas de incêndios em determinados perfis, o local amostrado EST corresponde ao regato cujo talude está ilustrado em **F** (régua amarela com 30cm).

### V. 3.1.2.1. Depósito Mineral de Santa Justa

O campo mineiro de Santa Justa inscreve-se no prolongamento para Sul da zona de cisalhamento Argas-Cerquido, no contacto do maciço granítico d'Arga com terrenos metassedimentares. Esta estrutura e as paragénese associadas estão descritas em **Leal Gomes e Gaspar (1992)**.

Nesta zona de cisalhamento, **Leal Gomes (1994)** refere que os processos deformacionais se dissipam em reactivações de maior ou menor amplitude, pelas descontinuidades percursoras e pelo contraste de competência entre granito e metassedimento encaixante. Os lineamentos estão materializados por enxames de filões que ocorrem geralmente em faixas de corpos paralelos, ou em juntas correspondentes a fracturas transversais, segundo o modelo *de Riedel*. As reactivações, segundo o Autor, ocorrem ao longo de períodos alargados, com focagem de fluidos mineralizantes e deposição de paragénese hidrotermais sucessivas.

Na RMArga, este tipo de depósitos, concretamente veios hidrotermais de tipo dilatacional de quartzo com sulfuretos e tungstatos, são frequentes, estando associados a desligamentos tardi-D3. Na **Figura V. 131** ilustra-se a distribuição dos principais depósitos de tipo hidrotermal, distinguindo veios dilatacionais de quartzo, veios *crack seal* e brechas, relacionando os seus índices metalogenéticos, de acordo com a proposta de **Leal Gomes (1994)**, para o território correspondente à RMArga.



**Figura V. 131.** Distribuição de estruturas de desligamento tardi-D3, veiculadoras de mineralizações hidrotermais e respectivos índices metalogenéticos. Modificado de **Leal Gomes (1994)**, sobreposição das áreas de concessão mineira por substância-alvo.

SIMBOLOGIA:	Áreas de Concessão
<b>VEIOS DILATAIONAIS DE QUARTZO</b>	
①- W pós Sn	<i>Estorãos, Mãos</i>
②- W, Au (Bi) pós Sn-Nb-Ta-Li	<i>Sta Justa, Cavalinho Dem, Lousado</i>
<b>VEIOS CRACK-SEAL</b>	
③- Zn, W, Au	<i>Tapada e Gesteira Alto Bouça Freiras Cova do Lobo, Corredouras Castelhão</i>
<b>BRECHAS</b>	
④- (Au)	<i>Lourinhal</i>
⑤- Pb, Bi, Ag, Au	<i>Ribeiro Salgueiro</i>
⑥- (Au)	<i>Monteiro</i>
(As e Fe comuns a todas as ocorrências)	

No EMA de Santa Justa, além de suportes litológicos, como veios dilatacionais de quartzo mineralizados por W, reconheceram-se brechas de falha, em segmentos descontínuos e direcções NW-SE, com encaixantes metassedimentares (micaxistos, metagrauvaques e metavulcanitos) (**Leal Gomes, 1994**).

Dias (2012) reconheceu ainda na proximidade de Santa Justa anfíbolitos (com serpentina), rochas máficas cloríticas ultrapotássicas e metavulcanitos félsicos. No que respeita às fácies cloríticas, ca Autora verificou a ocorrência de microvénulas com feldspato potássico e apatite e minerais acessórios como rútilo rico em Nb, Sc e W e um carbonato de Bi, a beyerite,  $[CaBi_2(CO_3)_2O_2]$ , considerando a possibilidade de corresponderem a produtos de uma alteração hidrotermal singenética do tipo fenitização.

Pelo exposto, e atendendo ao inventário mineralógico realizado nas escombrelas, nos leitos e taludes dos regatos de Santa Justa e Estorãos (Tabelas IV.29 a 31, atrás), pode referir-se que o depósito apresenta um espectro de minerais relativamente pouco diversificado. De qualquer forma, o contributo mineroquímico sobre escorrências e cursos de água, neste EMA, é ampliado pelas formações que acomodam os corpos filonianos hidrotermais – no caso de Santa Justa uma grande variedade de litologias exóticas de afinidade vulcanogénica-exalativa (que pertencem à Formação do Domo de Covas), no caso de Estorãos os filões estão na zona de contacto dos metassedimentos com o granito d'Arga.

As associações mineralógicas com carácter mais reactivo dizem respeito aos sulfuretos (pirite > arsenopirite), as associações com carácter neutralizador são representadas por silicatos e fosfatos, destacando-se a apatite e, pontualmente, carbonatos associados a produtos metassomáticos. Na Tabela V. 51 apresentam-se, à semelhança do que se fez para o EMA de Valdarca, os termos de abundância relativa e alterabilidade dos minerais mais relevantes na paragénese primária de Santa Justa.

**Tabela V. 51.** Termos de abundancia e alterabilidade relativa do espectro de minerais típicos da paragénese primária do depósito de Santa Justa. SIMBOLOGIA: dureza – escala de Mohs (Du); densidade (de).

				Du	de	ALTERABILIDADE
Geradores de acidez	Sulfuretos	marcassite	FeS <sub>2</sub>	6	4,9	
		pirite	FeS <sub>2</sub>	6	5	
		arsenopirite	FeAsS	6	6,2	
		calcopirite	CuFeS <sub>2</sub>	3,5	4	
Neutralizadores lentos de acidez	Silicatados	quartzo	SiO <sub>2</sub>	7	2,6	
		plagioclase	(Na,Ca)AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	6	2,6	
		feldspatos potássicos	KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	6	2,5	
	Fosfato	apatite	Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> F	5	3,1	
		Tungstatos	scheelite	CaWO <sub>4</sub>	4,5	6,1
			volframite	(Fe, Mn) WO <sub>4</sub>	4,5	7,3

ABUNDÂNCIA: muito abundante pouco abundante

### V.3.1.3. Condições Climáticas Regionais

A alternância sazonal e a flutuação das condições climáticas contrastam de forma pouco significativa nos diferentes EMA. Sobre escombrelas e cursos de água estas podem influenciar tendências evolutivas no que respeita ao controlo de reacções mineral-água e à mobilidade de elementos químicos nos sistemas hídricos. As cinéticas de precipitação de produtos neoformados na escombrela, escavações ou ao longo dos cursos de água afectados, estão geralmente expressas em crustificações, por sua vez susceptíveis ao contexto climático. Em ambientes mais húmidos ou mais áridos podem reconhecer-se termos mineralógicos específicos, também determinados pela sazonalidade – precipitação e estio.

Os dois casos em estudo – EMA de Valdarcas e EMA de Santa Justa – incluem-se na mesma zona climática, segundo as cartas de condicionalismos naturais (Capítulo III.2), ou seja, “Zona Temperada Fria a Zona de transição”, (CIGESA, 2011) e inscrevem-se ainda em zonas com semelhante intervalo de declives médios de encosta (> 40% - 45%). Apenas parte da área de concessão de Valdarcas está em zona de declive menos acentuado (>25-30% a < 40-45%), devido à actividade mineira.

A carta de erodibilidade (CIGESA, 2011), obtida com base no declive e tipo de solo, inclui ambos os EMA na zona de mais alta erodibilidade. As cartas geometeorológica, na escala 1: 100 000, sugerem variações espaciais pouco resolúveis e de baixo contraste para diferenciação dos EMA.

As séries climatológicas consultadas, relativas à região da serra d’Arga, decorrem das seguintes estações: Arga de Baixo, Montaria, Ponte de Lima, Valadares, Sapardos, Nogueira, Moreira do Lima, Vila Nova de Cerveira (VNCerveira) e Caminha (SNIRH, INAG, 2012) (localização no Capítulo III.2).

Para os dados de precipitação mensal, no período de Janeiro de 2007 e Março de 2011, apresenta-se a distribuição por estação para o número de meses em que foi medida e disponibilizada a informação (Figura V. 132). Para os casos em estudo, as estações que estão mais próximas são Vila Nova de Cerveira e Montaria. Perante a escassez de informação da estação de Montaria, nomeadamente em relação a valores de precipitação diária e de velocidade do vento média diária, optou-se por usar como referência a estação de Ponte de Lima. Apesar de estarem em altitudes distintas (Moreira a 285m e Ponte de Lima a 50m), a estação de Ponte de Lima apresenta valores de velocidade do vento e precipitação diária e mensal (0,87m/s; 3,9mm e 87,2mm) compatíveis com os valores da estação de Montaria (1,0m/s; 2,7mm e 76,5mm) (SNIRH, INAG, 2012).

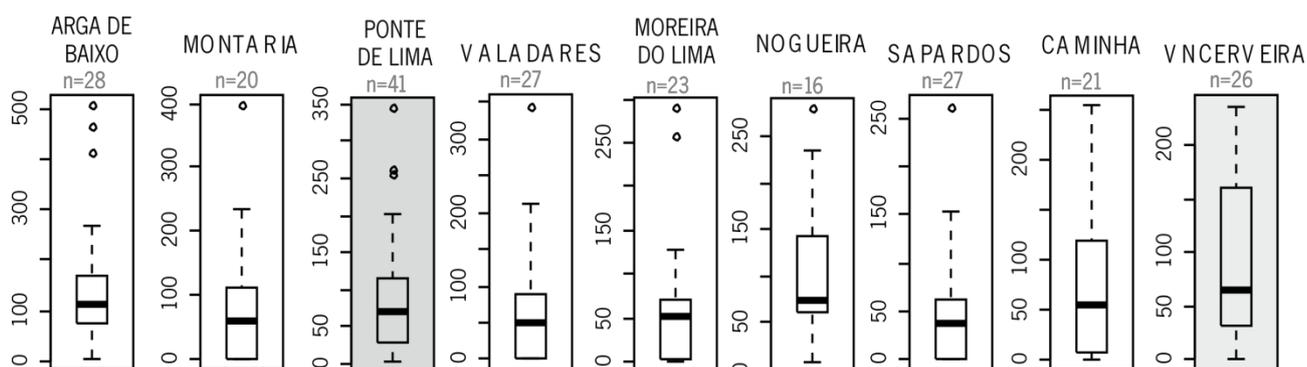


Figura V. 132. Diagramas de extremos e quartis para valores de precipitação mensal (mm) no período de Janeiro de 2007 e Março de 2011, recolhidos pelas estações de monitorização do SNIRH que abrangem a RMArga (INAG, 2000) (localização na Figura III.7, Capítulo III.2).

Usando como termo de comparação as estações de Vila Nova de Cerveira e Ponte de Lima, reconhecem-se efectivamente, no período de Janeiro de 2007 e Março de 2011, a dispersão dos dados, ou distância inter-quartil, para a precipitação mensal é distinta (Figura V. 132, a sombreado). Deve acautelar-se que neste intervalo temporal existem lacunas significativas nas séries climatológicas facultadas pelas estações.

Quanto a valores de precipitação diária – mais expressivos para este estudo – também se reconhecem lacunas de dados, e a própria abrangência temporal da estação de VNCerveira (muito menor que a de Ponte de Lima) não favorece a análise comparativa (Figura V. 133). A estação de VNCerveira disponibiliza, contudo, maior número de parâmetros climatológicos diários (note-se que, para Ponte de Lima, só se puderam consultar os valores de velocidade do vento e precipitação - diária e mensal).

Para o período em apreço (com registos em 903 dias), os valores médios recolhidos pela estação de VNCerveira são: evaporação em tina diária (6,5mm); humidade relativa média diária (75,8%); precipitação diária (2,93mm); radiação diária (3805,1W/m<sup>2</sup>); temperatura do ar média diária (15,0°C); velocidade do vento média diária (0,5m/s).

Em termos comparativos, a estação de Ponte de Lima apresenta (no mesmo período, com registos em 1386 dias) os valores de precipitação diária (3,9 mm) e velocidade do vento média diária (0,87m/s). Ambas as estações apresentam relativa semelhança, com oscilações pontuais, que se ilustram na Figura V. 133.

Atendendo ao período de amostragem realizado no EMA de Valdarcas (Ribeiro do Poço Negro) e no Rio Coura, entre Janeiro de 2007 e Maio de 2011, admite-se que os dados climatológicos da estação de Ponte de Lima expressam as condições regionais num período mais abrangente e relativamente exemplar.

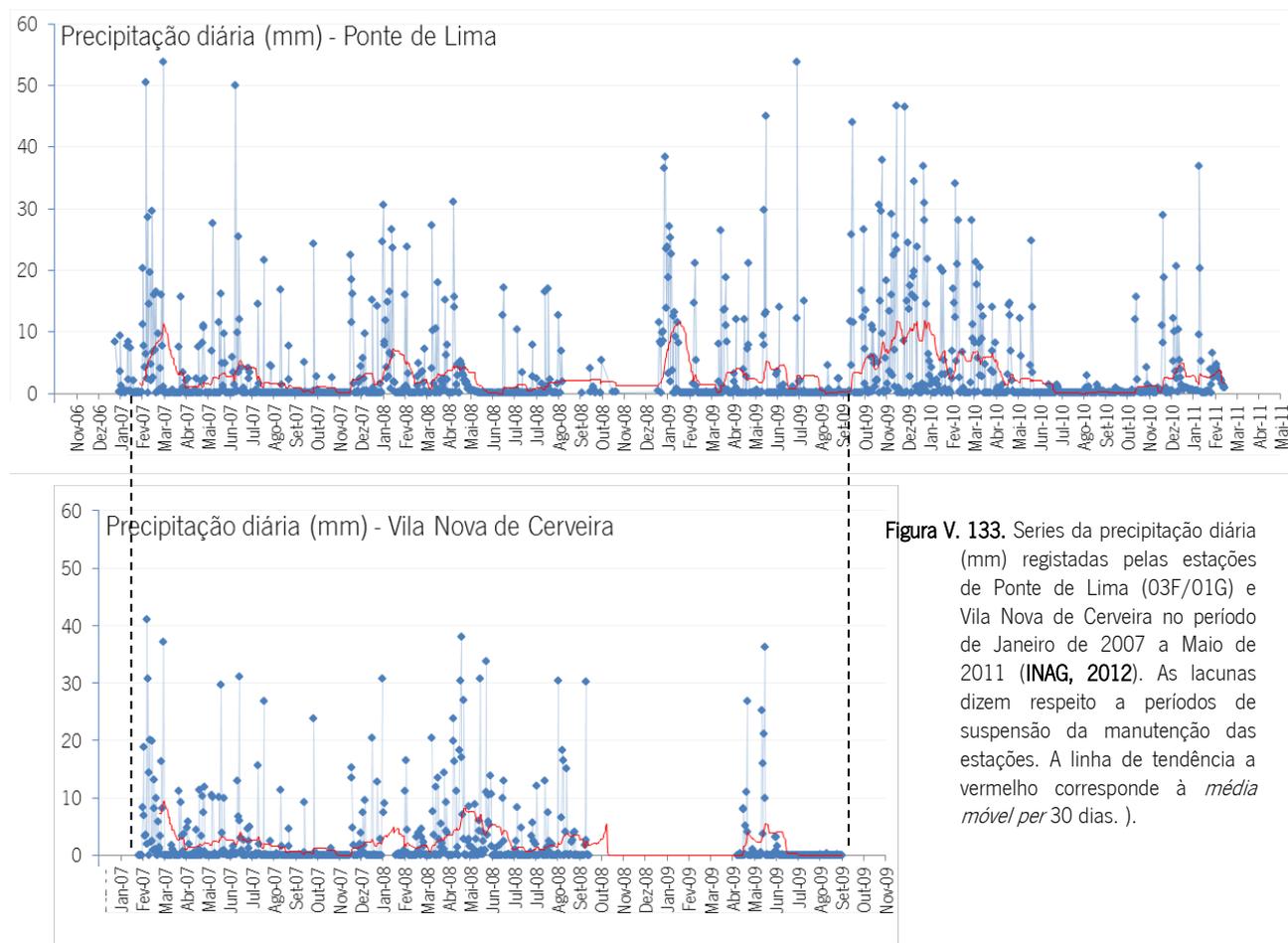


Figura V. 133. Series da precipitação diária (mm) registadas pelas estações de Ponte de Lima (03F/01G) e Vila Nova de Cerveira no período de Janeiro de 2007 a Maio de 2011 (INAG, 2012). As lacunas dizem respeito a períodos de suspensão da manutenção das estações. A linha de tendência a vermelho corresponde à *média móvel per 30 dias*.).

Com a aplicação da linha de tendência *média móvel per 30*, (Figura V. 133, linha a vermelho), obtém-se uma uniformização dos dados (equivalentes a registos diários) para 30 dias, o que favorece a comparação entre estações e anos meteorológicos. Desta forma, reconhece-se a semelhança das duas tendências de precipitação diária, mais

pronunciada e extremada em Ponte de Lima (máximo >50 mm, Fev-Março de 2007 e Julho de 2009). Para VNCerveira, o valor máximo de precipitação diária foi de 41mm em Fevereiro de 2007, igualmente alto em Ponte de Lima – a este período corresponde a primeira amostragem no EMA de Valdarças.

A par dos dados de precipitação que permitem atender à presença de água da chuva nas escombrelas e cursos de água receptores de drenagem, também a velocidade do vento média diária (registada a seis metros de altura), dá informações da inconstância do ambiente e, eventual turbulência sobre os cursos de água amostrados. Em Valdarças e Santa Justa os cursos são de regime torrencial, muito susceptíveis a episódios atmosféricos mais pluviosos e tempestuosos.

A combinação dos parâmetros de precipitação e velocidade do vento permite verificar condições atmosféricas ou acontecimentos meteorológicos esporádicos, que se associam a dias com previsível instabilidade nos sistemas fluviais.

Nestas condições, cursos de água de regime torrencial (como Ribeiro do Poço Negro, em Valdarças; Ribeira de Santa Justa e o Regato de Água Levada, em Santa Justa-Estorãos) são particularmente afectados, com arrastamento de material do leito e das margens. Estes eventos podem ter reflexo no quimismo da água, nas suspensões sólidas e carga sedimentar, no decurso dos temporais e persistindo por períodos alargados.

No período em apreço (em que incidiram as amostragens), registaram-se condições de maior instabilidade nos meses: **Fev. 2010** (dia 25, com 34mm de precipitação e ventos de 4,1m/s); **Dez. - Janeiro de 2009** (com 46,5 a 13,7 mm e 3 a 3,8m/s). O trimestre Dez. a Fev. terá sido o mais susceptível à ocorrência de tempestades. Também, pontualmente, houve registos de velocidade do vento > 2m/s em Maio e Julho, sem precipitação associada.

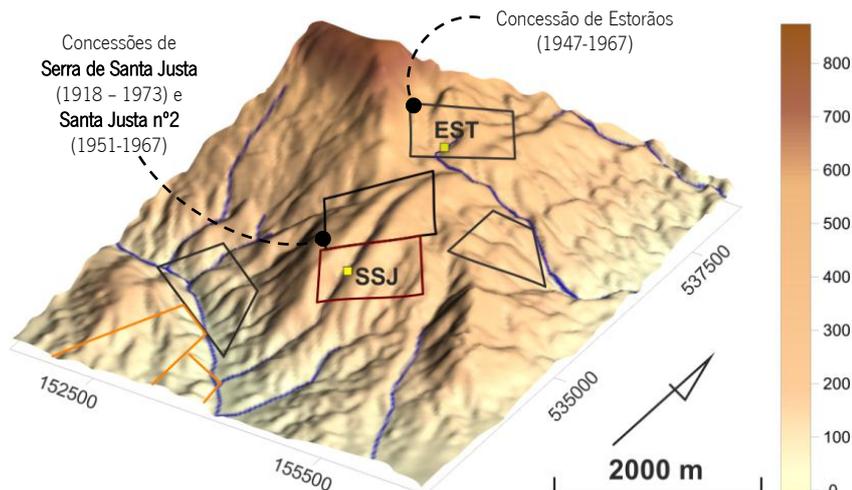
As amostragens de Fev. de 2007; Março de 2010, Junho de 2010 e Out. de 2010, em Valdarças (Ribeiro do Poço Negro e Rio Coura), podem ter sido as mais afectadas pelas condições de instabilidade e turbulência atmosférica. Os valores mais altos de precipitação diária (>30mm), foram registados aquando das amostragens de Fev. de 2007; Jun. de 2007; Fev. de 2009; Out. de 2009; Março de 2010 e Março de 2011.

#### V.3.1.4. Fisiografia e especificidades dos sistemas fluviais receptores de drenagem mineira

No que respeita à componente fisiográfica referem-se algumas características que diferenciam o EMA de Valdarças e de Santa Justa. No caso de Valdarças justifica-se uma descrição mais aprofundada pela extensão em que se fez a amostragem, entre 2007 e 2011. No caso de Santa Justa houve uma amostragem pontual em dois cursos de água – a Ribeira de Santa Justa (**SSJ**) e Regato de Água Levada (**EST**) (**Figura V. 134**) – às quais se dedica uma breve caracterização.

A Ribeira de Santa Justa tem um declive médio de 19%, com troços mais acentuados até 30%. A nascente está à cota de 450m, recebendo ao longo do primeiro quilómetro (percurso total de 2,2km) escorrências de duas cumeadas com uma grande profusão de vestígios mineiros (**Figura V. 129**). O local de colheita de água e sedimentos nesta ribeira (**SSJ**) fica à cota 350m e está na influência directa da drenagem de uma galeria de base (**Figura V. 130**).

**Figura V. 134.** Hipsometria da área correspondente ao Campo Mineiro de Santa Justa, na encosta SW do maciço d'Arga. Localização dos pontos de amostragem na Ribeira de Santa Justa (SSJ) na concessão de Santa Justa n.º2 e Rego de Água Levada (EST), na concessão de Estorãos



O Regato de Água Levada, na concessão de Estorãos, é um curso cuja nascente e trecho superior estão no sopé de uma escombreira com material muito grosseiro e parcialmente soterrado, o declive médio do Regato é de 17%. O local de colheita de água e sedimentos (EST) corresponde a uma zona assoreada pelo material de escombreira do local, à cota 430m. O regime torrencial deste curso de água promove, frequentemente, o arrancamento de solos superficiais assentes no material quartzoso, com diversos calibres. No momento de colheita, o local estava parcialmente colapsado, no decurso de um período fortemente pluvioso.

No EMA de Valdarcas a amostragem abrangeu o Ribeiro do Poço do Negro. Para o estudo desse ambiente adequou-se um programa de monitorização da dispersão hidrogeoquímica e mineralógica que abrangeu o Rio Coura, numa extensão de cerca 14Km.

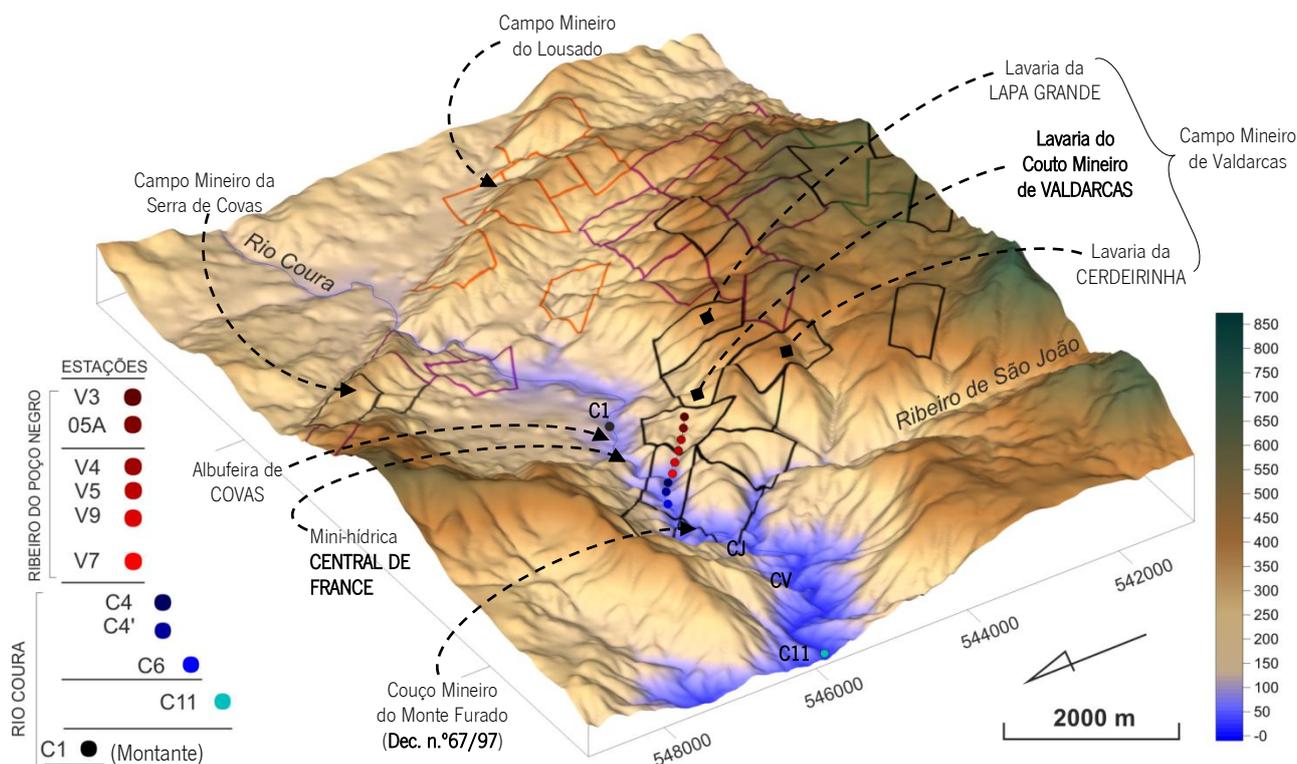
Em termos gerais, o percurso do ribeiro é marcado por uma grande irregularidade e desnível topográfico (de que se fez menção na rúbrica dedicada à contextualização mineira, por ter sido essa a influência determinante no seu perfil longitudinal). O Rio Coura é um curso jovem, caracterizado pelo leito e margens irregulares, frequentemente com superfícies rochosas, com elevado encaixe e percurso sinuoso. Entre as estações mais afastadas (C1 e C12) o rio apresenta um declive médio de 1,6%. Pontualmente regista-se um declive de 23%, que corresponde muitas vezes a zonas de confluência de cursos com influência mineira. Seguidamente apresentam-se alguns aspectos de fisiografia que caracterizam cada estação de amostragem no ribeiro e no rio, suporte à representação tridimensional da **Figura V. 135** e perfil longitudinal da **Figura V. 136** (valores referentes a cotas, declives e distâncias foram gerados no *software* correspondente à modelação digital do terreno).

O Ribeiro do Poço Negro tem uma extensão de cerca de 1160m e um declive médio de 16,8% (máximo 31,8%). Admite-se que a nascente esteja situada na zona da escombreira principal, como já se referiu, próximo da cota 210m.

A primeira estação de amostragem **V3** está localizada à cota de 194m, dista cerca de 166m da zona de escombreira. Após V3 o ribeiro é intersectado por um caminho, sendo a circulação de água assegurada por tubagem de betão que descarrega a 30m da estação **O5A**, à cota 184m. Esta corresponde a uma zona de mistura da água do ribeiro e de uma exsurgência natural.

A cerca de 100m para jusante de 05A, e à cota de 180m, situa-se a estação **V4**, onde o curso é levemente aplanado e largo (pode ultrapassar os 4m de largura em períodos com pluviosidade abundante). A 125m para jusante, numa zona com desnível topográfico (declive de 23%), situa-se a estação **V5**. A menos de 100m, à cota de 143m (com desnível de cerca de 30m), situa-se a estação **V9** onde se regista um estreitamento da largura do ribeiro até cerca de 1m.

A 200m de V9 fica a última estação de amostragem no ribeiro, **V7**, à cota 97m, distando 98m da estação de amostragem no Rio Coura - **C4**.



**Figura V. 135.** Hipsometria da área de influência do Rio Coura entre os campos mineiros de Lousado e Serra de Covas e a Estação de amostragem C11 (encosta N da Serra d'Arga). Localização das estações de amostragem de água e sedimentos de leito no Rio Coura (**C1**, **C4**, **C4'**, **C6** e **C11**) e no Ribeiro do Poço Negro (**V3**, **05A**, **V4**, **V5**, **V9** e **V7**), pontos de colheita esporádica de densos (**M1**, **CJ** e **CV**). Localização de infra-estruturas com influência do Sistema fluvial: mineiras (Lavarias de Valdarcas, Lapa Grande e Cerdeirinha e respectivas áreas de escombeira); não mineiras (Mini-hídrica da Central de France, com respectiva albufeira afluente).

No Coura, a estação **C1** corresponde à localização a montante (cerca de 1160m) da zona de confluência com o Ribeiro do Poço do Negro (**Figura V. 135**). Esta dista 1,5km da localidade de Covas, que fica a montante, num troço sem declives assinaláveis (< 0,3%, à cota 100m), até à Albufeira de Covas (a 3,6km). Esta albufeira é controlada pela mini-hídrica da Central de France (Aproveitamento hidroeléctrico da EDP) – a influência exercida por esta infra-estrutura justifica uma descrição mais detalhada na rúbrica seguinte.

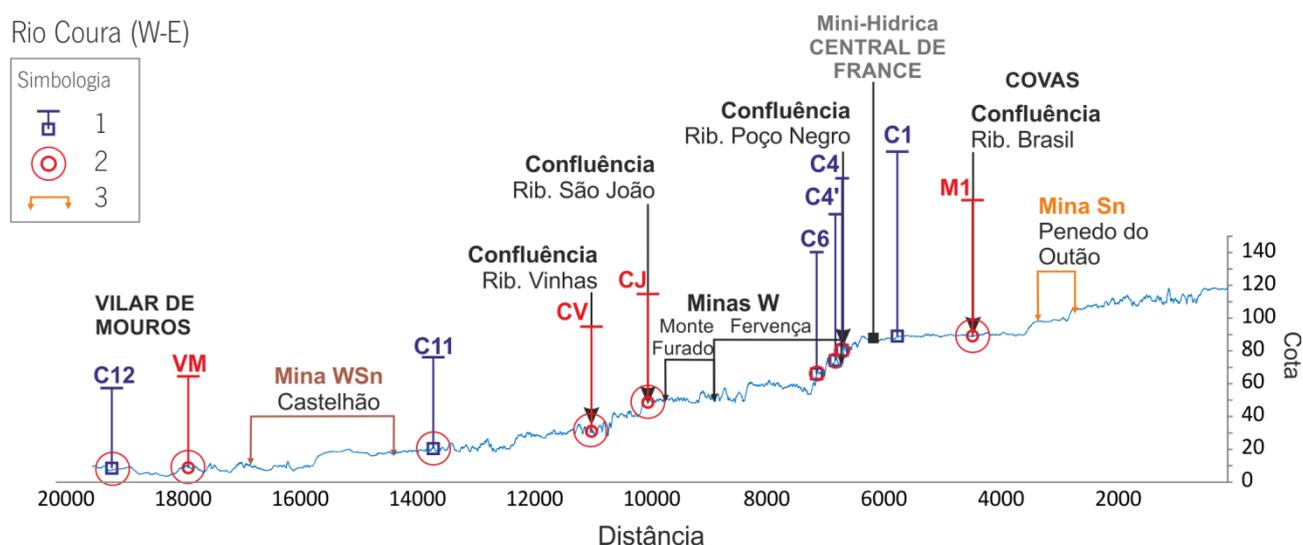
A estação **C4** recebe água do Ribeiro do Poço Negro e outros pequenos cursos que confluem na mesma zona, provindos da encosta SW do Coura. Está à cota 77m, dista de C1 cerca de 1,16km e o declive médio deste troço é de 3%, (com um máximo de 20%). Nesta zona de confluência, o rio apresenta uma configuração peculiar, de tipo *poço ou canhão*, com margens abruptas, onde convergem águas de cursos de regime torrencial. É também aí que se verifica que o caudal do rio é fortemente controlado pela barragem de France (a que, posteriormente, se fará menção detalhada).

Após a zona de poço, já no leito vivo do rio, foi feita amostragem na estação **C4'** (ou C4I), distando 80m da zona de confluência e com um ligeiro aumento de cota (85m). O curso mantém esta cota até à estação **C6** (declive <1%), verificando-se a partir daí uma redução de cota até 75m. Na zona de C6 está a instalação de uma mini-hídrica do início do séc. XX - Central de Covas - entretanto desactivada e em estado devoluto. Esta zona está ainda abrangida pela área de concessão mineira de Fervença, aflorando no leito do rio massas pirrotíticas mineralizadas pela ferberite, que foram alvo de exploração (no final da década de 1970, início de 80).

Um quilómetro para jusante de C6, no curso do rio, estão classificados vestígios de exploração mineira romana - *Couço do Monte Furado* (Dec. n.º67/97) (Figura V. 135). Neste local ocorre um desnível até aos 58m de cota (declive máximo de 22,4%). Aqui, o percurso do rio apresenta um meandro muito pronunciado, com cerca de 1Km, em cuja garganta foi escavado um túnel para desvio da água do rio (uma solução típica romana para aproveitamento de depósitos eluvionares em meandros, Oliveira, 1994). A curvatura do meandro constituiria uma zona de deposição, reconhecendo-se ainda zonas de acumulação e depressão no leito. Após a área de Monte Furado, na confluência do Ribeiro de São João, verifica-se um aumento de cota até aos 80m, admitindo-se algum contributo à carga sedimentar promovida pelos rejeitos da lavaria da Cerdeirinha (Figura V. 135).

Para jusante, a cerca de 3Km de C6, o perfil do rio tem um declive de 10%, localizando-se aí a estação **C11**, à cota de 32m (Figura V. 135). Para jusante reconhece-se uma ligeira diminuição da cota (até 26m) na proximidade da zona de confluência de um curso de água que drena a área mineira de Castelão. Após aquela zona, a cota é de 32m, definindo o percurso do rio um meandro de curvatura muito irregular.

A última estação **C12** (a cerca de 14Km da confluência com o Ribeiro do Poço Negro) fica na localidade de Vilar de Mouros, na cota de 25m. O local de amostragem fica sob uma ponte românica, onde a flutuação de caudal faz variar a extensão da margem cerca de 2 a 3m.



**Figura V. 136.** Perfil do Rio Coura entre Vilar de Mouros e os campos mineiros de Serra de Covas (mina de Penedo Antão) e Lousado (mina de Serra do Lousado n.º3 - área não abrangida no curso do rio). Cota e Distancia em metros. Simbologia: **1** - Estação de monitorização (colheita água e sedimentos para análise geoquímica, medição de parâmetros expeditos físico - químicos); **2** - Local de amostragem pontual (colheita de minerais densos - para mineralometria e análise de grãos); **3** - Perimento do rio inscrito numa área de concessão mineira. Perfil com base no modelo digital de terreno, projectado com o *software* SURFER 10 (7409 pontos).

Além destas estações onde se amostrou água e sedimentos de leito, foram realizadas colheitas pontuais de sedimentos densos, em zonas de acumulação preferencial, nos locais indicados na **Figura V. 136 (M1, CJ, CV, VM)**.

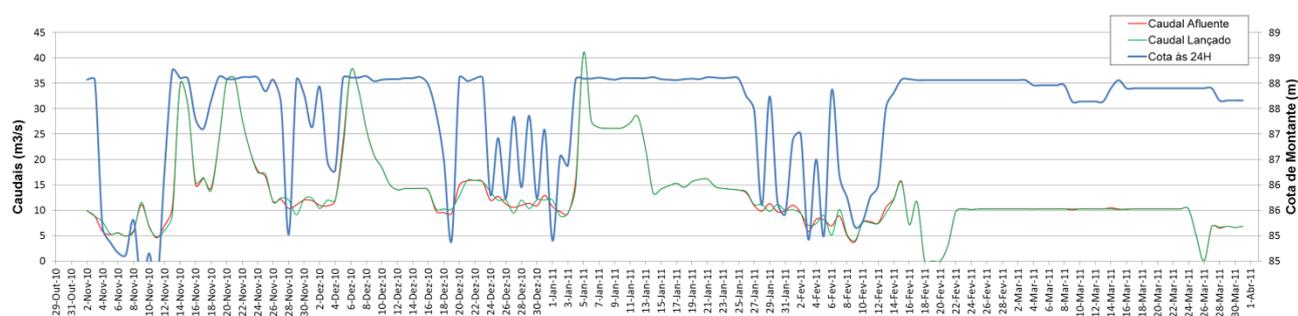
Em síntese, distinguem-se no perfil do Rio Coura, relativamente ao percurso em apreço os seguintes troços:

**1)** M1- C1 - Albufeira de Covas, cotas  $\approx 100\text{m}$ , margem larga (20 a 60m); **2)** Mini-hídrica – Poço Negro desnível acentuado, cotas  $\approx 70\text{m}$ , margem estreita até ao Poço Negro (10 – 20 m), neste local a configuração é a de um *canhão* com grande profundidade; **3)** C4' - C6 - Monte Furado, cotas  $\approx 80 - 50\text{m}$ , zona de exploração e colheita detrítica da mina de Fervença, o percurso e base do leito é muito irregular, imposto por diversas lavras mineiras; **4)** Ribeiro de São João – C11, cotas  $\approx 50\text{m}$ ; **5)** Castelhão - C12, cotas  $\approx 35 - 25\text{m}$ , alargamento das margens (20 - 30m, Vilar de Mouros).

#### V.3.1.4.1. Variações hidrodinâmicas no Coura impostas pela mini-hídrica - Central de France

A mini-hídrica, ou central hidroeléctrica, instalada no Rio Coura integra a Central de France (EDP, 2003) com importância histórica muito significativa no desenvolvimento regional. Entrou em serviço, na actual localização, no ano 1974 a cargo da Empresa Hidroeléctrica do Coura, com a potência máxima de 7,02MW, ampliando a capacidade produtora eléctrica que mantinha desde 1914 numa infra-estrutura mais a jusante no Coura (correspondente à Estação C6) – a antiga Central de Covas. Esta garantiu a produção eléctrica, desde o início do século passado, a uma grande parte da região minhota, nomeadamente à cidade de Viana do Castelo (Faria, 2003).

A Central de France é um aproveitamento de tipo “fio-de-água”. O seu princípio de funcionamento supõe uma duração de enchimento do reservatório inferior a 100 horas e manutenção constante do caudal afluente e descarregado (Faria, 2003). Os padrões de variação de caudal para esse tipo de aproveitamento são similares aos da **Figura V. 137**.



**Figura V. 137.** Caudais médios diários (afluente e lançado pela mini-hídrica) e cota que atinge a água na Albufeira de Covas, no Rio Coura no período de 29 de Outubro de 2010 e 1 de Abril de 2011. Dados da Mini-hídrica - Central de France (EDP, 2011).

Um aproveitamento hidroeléctrico deste tipo é instalado em cursos de água com declive pouco acentuado e caudais disponíveis relativamente elevados. A reduzida capacidade de armazenamento impõe que os caudais afluentes sejam lançados quase continuamente para jusante, ou seja, o regime do rio não será alterado de modo significativo pelo aproveitamento eléctrico.

Para o período de Out. de 2010 a Abril de 2011, a variação dos caudais afluentes e caudais lançados pela mini-hídrica do Coura oscila em média entre 10 e 35m<sup>3</sup>/s. A cota máxima que a água atingiu na Albufeira de Covas é de 88m, caudais e cota ilustrados na **Figura V. 137** e caudais e precipitação na **Figura V. 138**.

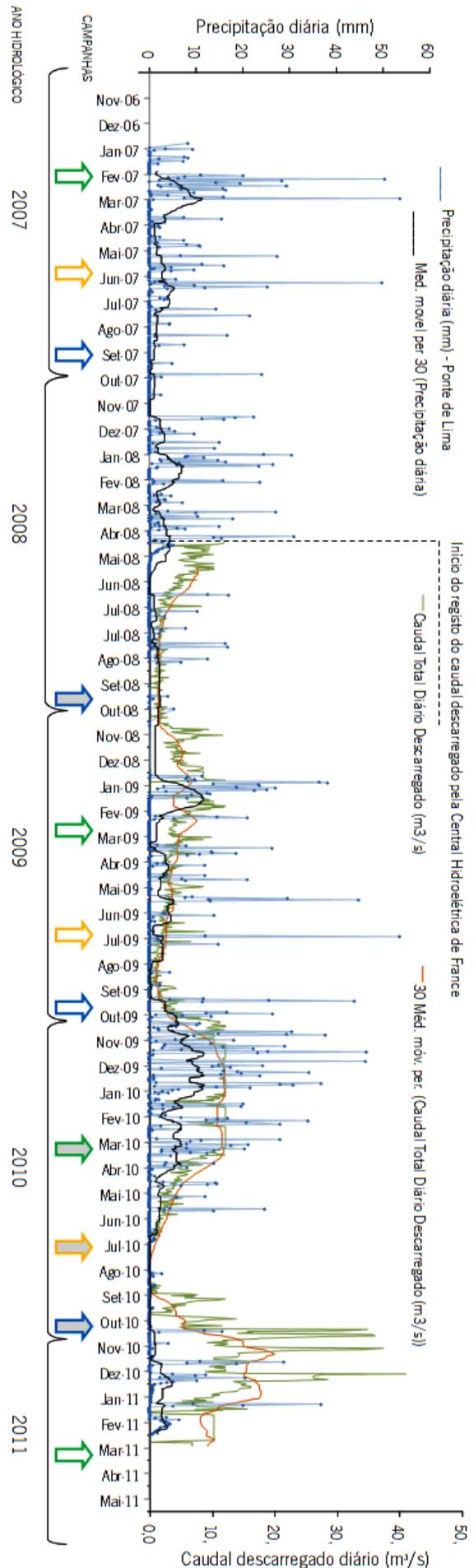
Tecnicamente, a Albufeira de Covas, retida pela barragem da mini-hídrica, atingindo a cota máxima de 88m tem um armazenamento médio de 143000m<sup>3</sup>. Segundo os dados da **EDP (2011)**, entre Maio de 2008 e Março de 2011, o mínimo de armazenamento terá sido de 13000 m<sup>3</sup> e o máximo de 269000 m<sup>3</sup>. Os caudais médios diários processados pela barragem, ou seja, que contribuem para a produção eléctrica (designados de turbinados) são de 5,29m<sup>3</sup>/s. No período em apreço, contabilizaram-se 90 dias sem caudal turbinado, o caudal mínimo turbinado correspondeu a 0,003 m<sup>3</sup>/s e o máximo a 12 m<sup>3</sup>/s.

Quanto a caudais efectivamente lançados (turbinado e excedente) foram registados valores máximos no período de Outubro a Janeiro de 2010 (< 40m<sup>3</sup>/s) (**Figura V. 138**).

A **Figura V. 138** permite verificar a dinâmica fluvial, associando aos valores de precipitação diária e os valores de caudal total descarregado. Nesta combinação gráfica foram indicadas as campanhas de amostragem levadas a cabo no período entre 2007 e 2011. Os dados fornecidos pela Central Hidroeléctrica de France iniciam apenas em 1 de Maio de 2008, data de entrada em funcionamento do sistema de medição e registo de caudal teleanformatizado (**EDP, 2011**).

A partir de 1 Novembro de 2010 indica-se o registo do "caudal médio diário descarregado", que representa o volume de água que excede o volume necessário para a produção energética. O somatório entre estes caudais dá um *caudal total descarregado*, projectado na **Figura V. 138**.

Genericamente os caudais descarregados pela Mini-hídrica acompanham o regime de precipitação regional, coincidindo as descargas maiores com a maior pluviosidade.



**Figura V. 138.** Compilação gráfica de dados de precipitação diária relativos à Estação de Ponte de Lima (SNIRH, INAG, 2012), caudal total diário descarregado (EDP, 2011) e respectivas linhas de tendência "média móvel per 30 dias".

São de destacar as descargas realizadas de Outubro de 2010 até Fevereiro de 2011, com caudais muito elevados (>35 m<sup>3</sup>/s), afectando particularmente uma campanha de amostragem 10/2010. Também as campanhas de 03/2010 e 02/2009 foram afectada por caudais elevados (>10 m<sup>3</sup>/s) sendo a precipitação diária, no primeiro caso, alta (>35mm).

### V.3.1.5. Programa de intervenção ambiental na “Área Mineira de Covas”

A escombreira de Valdearcas foi constituída em 2007, objecto de intervenção para reabilitação ambiental pela Empresa de Desenvolvimento Mineiro, SA (EDM), sob enquadramento legal específico e de exclusividade na intervenção sobre passivos mineiros (DL n.º 198-A/2001). O “*Projecto de Recuperação Ambiental da Área Mineira de Covas e respectivo EIA* (Estudo de Impacte Ambiental)” (EDM, 2006) incluía um plano de actividades sobre cinco alvos de intervenção: escombreiras, águas superficiais, património, segurança e paisagem (Figura V. 139).

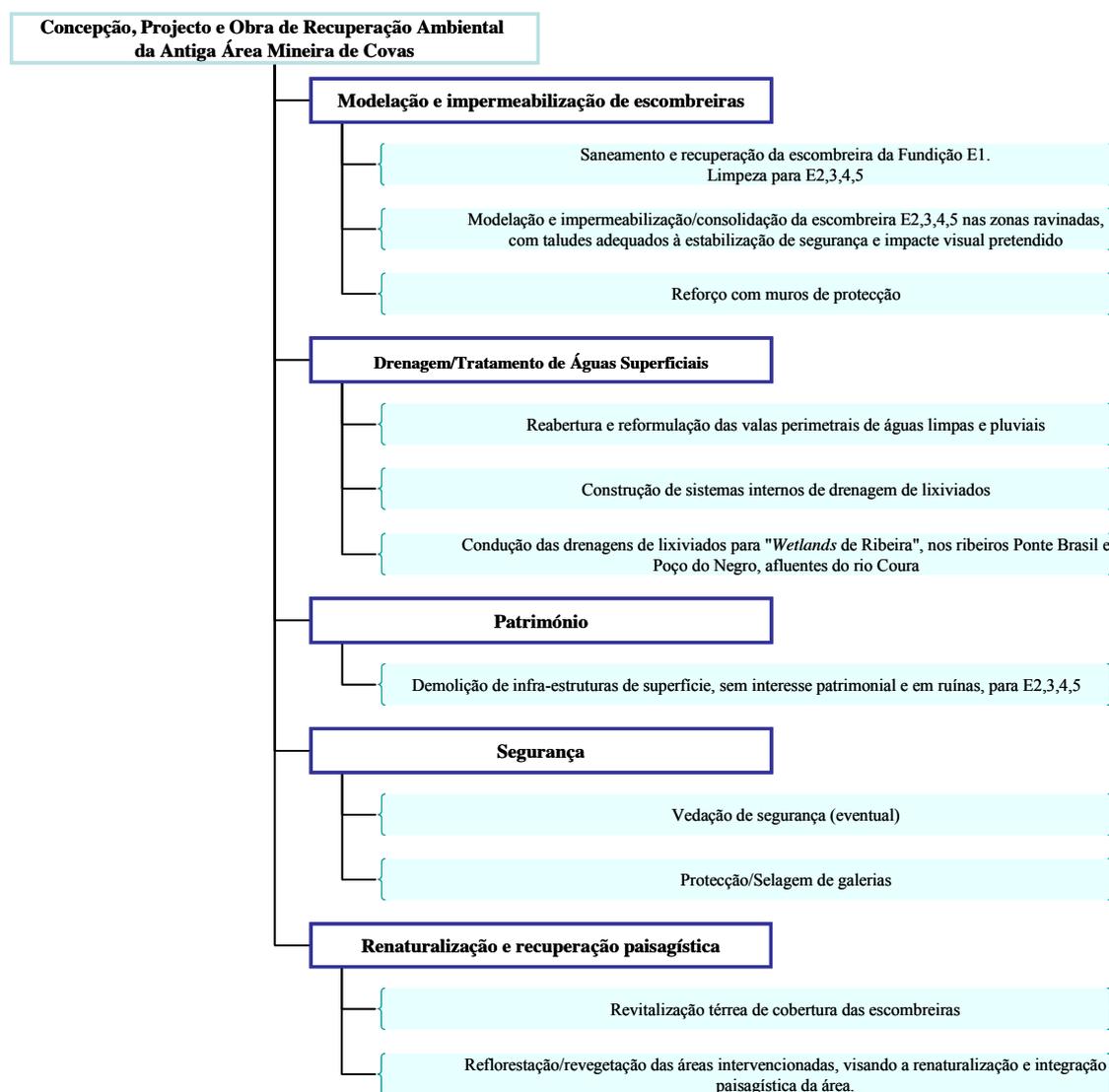


Figura V. 139. Diagrama do “*Projecto de Recuperação Ambiental da Área Mineira de Covas e respectivo EIA*”. A letra E designa escombreiras, subdivididas em E1 (Fundição) e E2,3,4,5 (principal), de acordo com a terminologia em EDM (2006).

Do *Projecto de Recuperação* salienta-se a intervenção sobre as escombrelas descritas como principal (*E2,3,4,5*) e de *fundição* (*E1*) (**Figura V. 139**). Esta última com resíduos finos e cinzas de ustulação (em Valdarcas não se realizaram operações de fundição) seria remobilizada para a escombrela principal. Sobre esta incidiriam trabalhos de estabilização de taludes, regularização topográfica, impermeabilização, consolidação e cobertura com material inerte (ou manchas de empréstimo, com materiais de tipo aplítico, obtidos na proximidade da obra).

Na **Figura V. 140** vêem-se alguns aspectos das operações de reabilitação em três momentos da obra: **02/2007**) remoção e arrastamento de material; **05/2007**) aplicação de manchas de empréstimo e estruturas de sustentação e vedação, **09/2007**) primeiros deslizamentos de materiais e cedência das estruturas de sustentação.



**Figura V. 140.** Perspectiva de um dos principais ravinamentos da escombrela de Valdarcas alvo de reabilitação ambiental (2007) durante a obra (A) e após (B); instabilização física de vertentes (C).

Após a obra, nas zonas onde existiam os maiores declives persistiram deslizamentos do material de empréstimo (**Figura V. 139C**), entretanto estabilizados com vegetação arbustiva (na sua maioria que existia antes da obra).

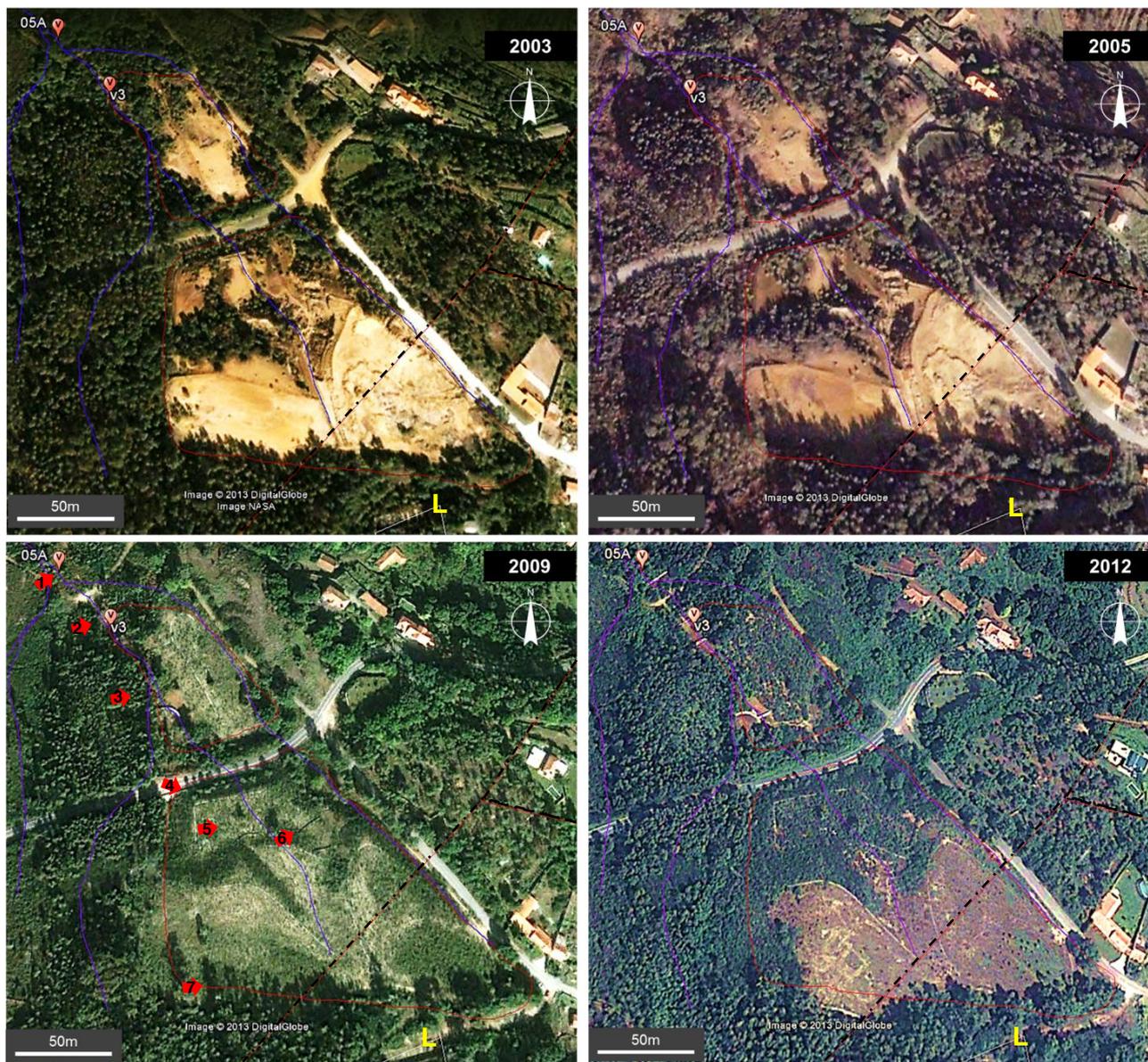
No que respeita à intervenção sobre as águas superficiais previa-se a “*reformulação de canais para escorrências não contaminadas (...) condução de lixiviados e efluentes para estruturas do tipo Wetlands*” (**Figura V. 139**). Infra-estruturas do tipo *Wetlands* correspondem a bacias artificiais, que promovem o tratamento de efluentes de forma passiva, simulando os processos biogeoquímicos típicos das zonas húmidas.

Pelas características topográficas dos ribeiros receptores dos efluentes de Valdarcas (como o Ribeiro do Poço Negro), bem como, pelo regime de escoamento (torrencial), a opção mostrou-se pouco adequada e não foi executada, muito embora fosse plantada vegetação típica de ambientes húmidos, que, de resto, já se verificava naturalmente.

No item da segurança (**Figura V. 139**), implantaram-se vedações com troncos de madeira, mostrando-se posteriormente percíveis ao efeito corrosivo dos lixiviados produzidos pelos materiais de escombrela. As entradas principais das galerias (dos 3 pisos com acesso exterior) foram seladas, muito embora outros acessos, usados pelos mineiros, tivessem passado despercebidos (alguns relatados nas entrevistas – extractos no **Capítulo V**).

A demolição de infra-estruturas associadas à lavaria e à oficina de afinação e ustulação, tal como estava previsto no item do património (**Figura V. 139**), não tomou em consideração o valor e interesse mineiro no âmbito da arqueologia industrial – tanto como referência regional, como do período histórico mineiro discutido em Lima (2006).

Na **Figura V. 141** comparam-se os momentos anteriores (2003 e 2005) e posteriores (2009 e 2012) à obra de recuperação ambiental. Nas imagens de 2003 e 2005 reconhecem-se os ravinamentos principais e tonalidade dos materiais da escombreira que sugerem a existência de instabilidade topográfica e a reactividade dos materiais acumulados. Estes dois aspectos foram considerados por **Valente (1996, 2004)** como principais responsáveis pelo impacto ambiental, com maior reflexo na degradação da paisagem e do curso de água receptor – o Ribeiro do Poço Negro. Nota-se ainda o sub-desenvolvimento da cobertura vegetal na área de escombreira (**Figura V. 141** - 2003 e 2005).



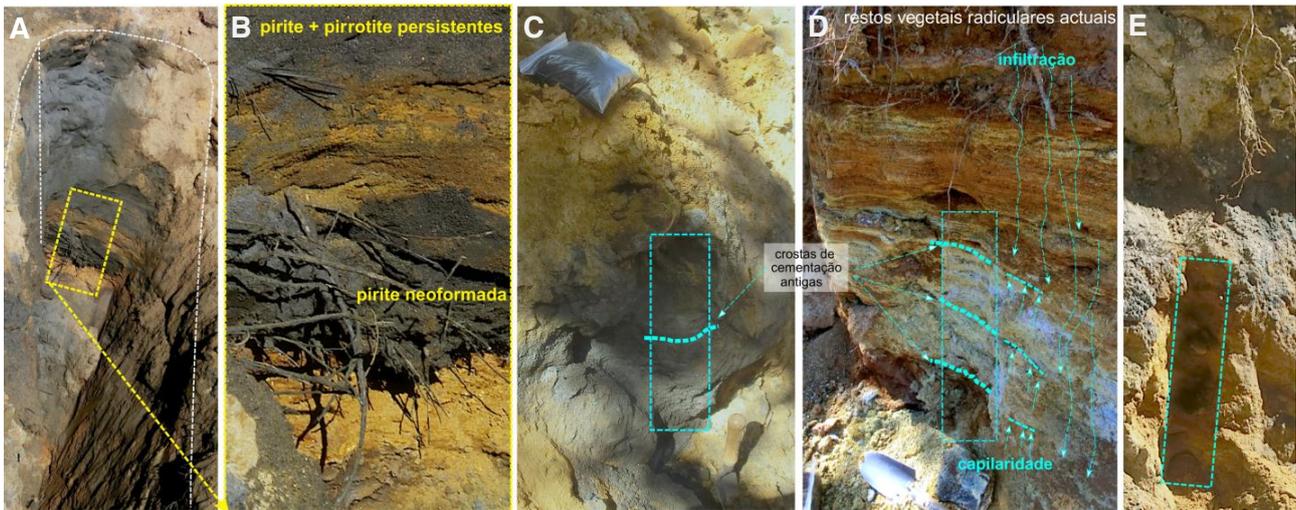
**Figura V. 141.** Área da escombreira principal do Couto Mineiro de Valdearcas (e pormenor do EMA de Valdearcas). Imagens satélite captadas em 17 de Setembro de 2003; 10 de Fevereiro de 2005; 11 de Novembro de 2009; 30 de Agosto de 2012 (41°53'13"N, 8°46'23"W, Google Earth™ 7.0.3.8542). As imagens de 2003 e 2005 são anteriores à intervenção para reabilitação ambiental da escombreira (**EDM, 2006**), as imagens de 2009 e 2012 são posteriores. Os cursos de água (com traço azul) com escorrências de carácter temporário ou sazonal (algumas delas conduzidas em valas) confluem no Ribeiro do Poço Negro, sobre este estão indicadas as estações de amostragem V3 e O5A. As setas vermelhas assinalam aspectos da obra de intervenção em 2007 e posteriormente (ver texto). A área de escombreira (a Norte e a Sul da estrada) está contornada com traço vermelho. A delimitação a tracejado corresponde às áreas de concessão mineira de Fraga (a NW) e de Valdearcas (a SE). A lavaria está indicada com a letra "L". A estrada municipal EM552 divide as áreas de escombreira Norte e Sul; o agregado populacional a NE corresponde ao lugar de Vilares (Covas – Vila Nova de Cerveira).

Em **Valente (2004)** encontra-se um inventário e correspondente distribuição cartográfica da colonização vegetal na escombreira, discriminando a contribuição dos estratos arbóreo, arbustivo, herbáceo e de briófitas. No que se refere ao estrato arbustivo este compunha-se por espécimes endêmicos, a Autora destaca a presença de leguminosas (como o tojo e a giesta) na promoção da pedogénese. Distingue os termos: *colonização incipiente* (com vegetação mais ou menos persistente a sazonal, como as herbáceas) e *paisagem vegetal desenvolvida* (com uma cobertura relativamente completa e composta pelos quatro estratos considerados). Considerando a caracterização de **Valente (2004)**, a obra de *Recuperação Ambiental*, em 2007, veio interromper o processo de revegetação natural, ao sobrepor novos materiais de cobertura, e a plantação de espécies vegetais exóticas (reconhecidas em **Alves, 2007**).

Na **Figura V. 141** é possível verificar que a cobertura vegetal entretanto desenvolvida (2009 - 2012) se concentra nas zonas (e com os estratos vegetais) que anteriormente já manifestavam maior desenvolvimento.

Sem pretender realizar uma análise detalhada às operações de reabilitação ambiental levadas a cabo, salientam-se aqui alguns aspectos consequentes à intervenção de 2007 (e que, pontualmente, se tem vindo a adicionar com carácter supletivo). Segundo a numeração assinalada na **Figura V. 141** para a imagem do ano de 2009 e por comparação com os restantes anos, são de atender as seguintes observações/consequências:

- 1) Incremento da carga sedimentar arrastada para a troço superior do Ribeiro do Poço Negro, incluindo um cortejo mineralógico externo ao sistema (material de empréstimo) e materiais originais da escombreira anteriormente crustificados que compunham taludes e patamares da escombreira, revolidos nas acções de regularização topográfica ficando disponíveis entre o material de arrasto;
- 2 e 3) Reactividade entre paragénese favorecida pelo arrasto e acumulação detrítica, implicando o reforço das barreiras físicas e a introdução de materiais com capacidade de neutralização da drenagem ácida gerada (novos enrocamentos ou muros-gabiões com blocos de calcário e materiais sintéticos de elevada porosidade);
- 4, 5 e 6) Cobertura vegetal com maior incidência nas áreas que, antes da obra, já apresentavam uma colonização relativamente estabelecida e diversificada;
- 7) Retoma de acções de amostragem na escombreira (segundo trincheiras recentes, **Figura V. 142**). As operações de reconhecimento após uma obra de remediação têm um carácter extemporâneo. Idealmente deveriam ter sido realizadas, de forma exaustiva, antes ou durante a intervenção, uma vez que apoiam tanto a avaliação do foco de contaminação e destabilização ambiental (estudo de assinaturas metálicas e fenómenos de remobilização/concentração química supergénica), como a pesquisa de eventuais reservas remanescentes (no passado tecnicamente não recuperáveis, ou economicamente inviáveis) para (re)equacionar o interesse mineiro, e retoma, à luz da nova conjuntura económica, conhecimento científico mais aprofundado e melhor abordagem técnica.



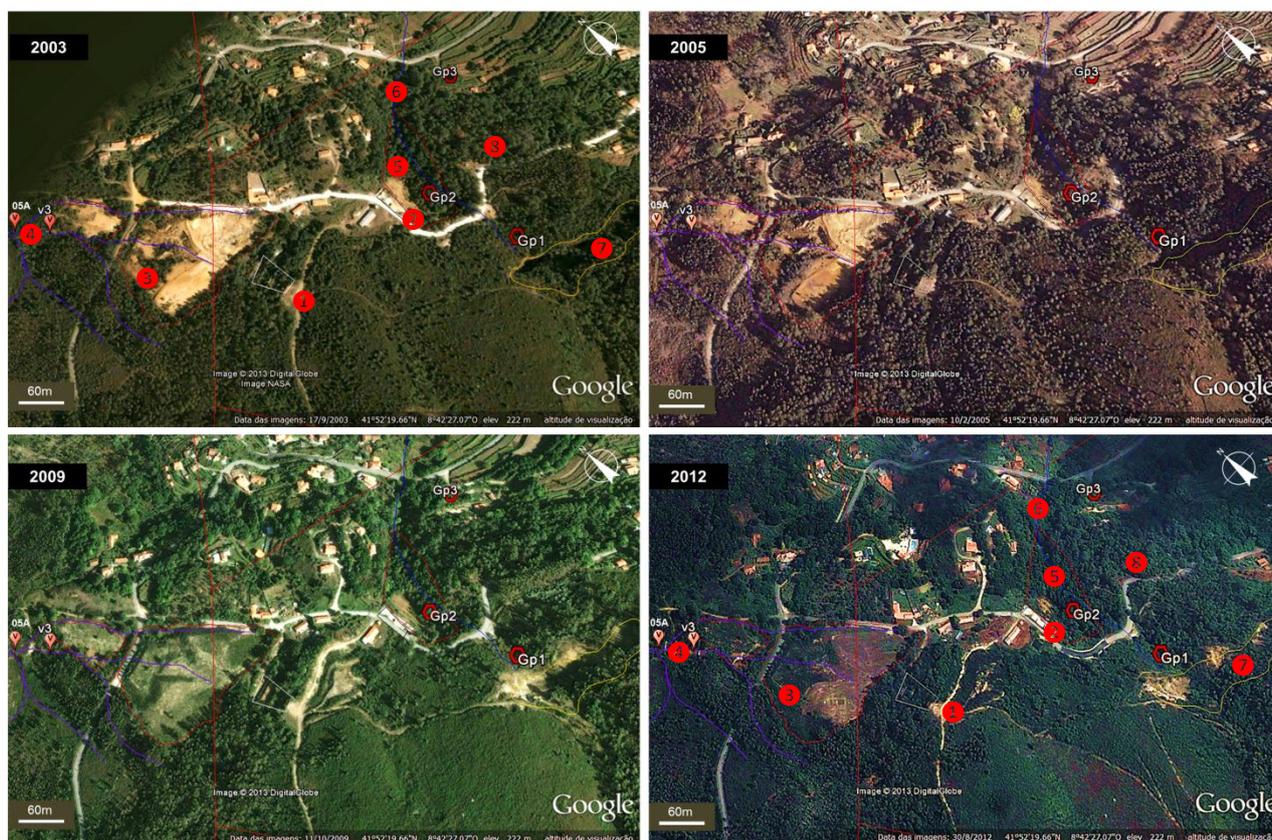
**Figura V. 142.** Evidências de fenômenos de neoformação e supergênese, indícios de remobilização e concentração metálica em trincheira aberta recentemente na escombreira de Valdearcas (Jun. de 2013) – análise expedita de amostras em canal vertical. **A e B** - pormenor de unidade com produtos neoformados sob condições redutoras muito pontuais e circunscritas ao suporte orgânico, na dependência horizontes com alto conteúdo de matéria orgânica, restos vegetais não radiculares, de soterramento antigo; **C** - Nível com elevado conteúdo orgânico, textura fina, pouco friável a compacta correspondente a crostas de cimentação antigas; **D** - Níveis de material ocre a branco azulado induzido por fenômenos de lixiviação/oxidação (na presença de água de infiltração/capilaridade), textura granular, friável a crustificada, correspondente a crostas de cimentação antigas; **E** - material ocre, textura granular, fina e friável.

Em suma, a área que registou intervenção mais significativa no programa de reabilitação ambiental foi a escombreira principal (**Figura V. 143 - 3**), outras áreas foram alvo de intervenções menores e isoladas, como a demolição da lavaria e da oficina de afinação e ustulação (**Figura V. 143 - 1 e 2**); deslocação dos materiais da escombreira de cinzas para a escombreira principal (**Figura V. 143 - 5**), selagem de galerias e implosão do socavão (**Figura V. 143 - 6 e 7**).

Numa apreciação abrangente ao EMA de Valdearcas, além do impacte que estas áreas ou infra-estruturas imprimiam no meio físico e social, o planeamento e execução da obra de reabilitação é um exemplo da omissão dos termos dicotómico: património - potencialidade mineira, discutidos em **Alves (2007)** para o ordenamento do EMA.

Tanto este EMA como os restantes, que correspondiam ao antigo Couto Mineiro de Valdearcas, estão incluídos hoje numa área de concessão para pesquisa e prospecção (com arranque da fase de lavra experimental) (Ver **Capítulo III.3**). Por esta razão, teria sido útil a manutenção de acessos a frentes e cortas mineiras, como galerias e socavão, uma vez que conduzem ou representam zonas privilegiadas para amostragens e levantamentos cartográficos de pormenor e em profundidade. Também se considera importante a preservação de acumulados, como os da Casa do Guincho (**Figura V. 143 - 8**), com material trazido dos pisos inferiores, para estudo paragenético, morfológico e textural dos minérios e litologias encaixantes atribuíveis ao depósito (ver inventário mineralógico do material detrítico em Valdearcas, **Figuras IV.30 e IV.31**, atrás e Atlas de minérios – **ANEXO XIII**).

Num sistema integrado de gestão, os materiais que constituem a escombreira e os que são transportados pelos cursos de água receptores, como o Ribeiro do Poço Negro, constituem-se como objecto de interesse quer para fins de diagnóstico ambiental, quer para a (re)avaliação de reservas ou ocorrências indiciadoras de fenômenos de concentração metálica.



**Figura V. 143.** EMA de Valdearcas, vestígios e infra-estruturas mineiras - imagens satélite captadas em 2003, 2005, 2009, 2012 (41°52'19,66"N; 8°42'27,07"W, Goolge Earth™ 7.0.3.8542). Imagens anteriores à obra de reabilitação da escombreira (2003 e 2005) e posteriores (2009 e 2012). LEGENDA: **1** - lavaria-sede do Couto Mineiro de Valdearcas [unidades de britagem (>25mm), granulação e moagem; classificação (<1mm); flutuação em células; hidroclassificação; flutuação em mesas (diagrama de 1983, com reformulações desde 1952)]; **2** - oficina de afinação de concentrados (ustulação, separação electromagnética e lixiviação ácida desfosforizante com HCl); **3** - área de escombreira principal com dispersão de resíduos e efluentes segundo o Ribeiro do Poço Negro (**4**), estruturas intervencionadas em 2007 para a remediação do impacte ambiental; **5** - resíduos da oficina de afinação dispersos ao longo da Ribeira Brasil (**6**), entrada da galeria para o piso 2 (Gp2) e, mais a jusante, o piso 3 (GP3) ; **7** - socavão na continuidade da galeria do piso 1 (Gp1), implodido aquando da intervenção de 2007; **8** - “casa do guincho”, zona da acumulação em período de lava, de material de elevado calibre trazido (por guincho) nas vagonetes desde os vários pisos em lava, para recondução à lavaria.

A título de exemplo, indicam-se pontos de amostragem (**Figura V. 144**) onde se detectaram índices significativos de Au e W (a retomar posteriormente). Nos pontos **V3**, **05A** (Ribeiro do Poço Negro) e **VM** (ribeiro receptor dos resíduos da oficina de ustulação - designada escombreira de finos) foram amostrados sedimentos em zonas de aprisionamento preferencial nos ribeiros. Obtiveram-se concentrados com percentagens de scheelite de 20% (fracção < 2mm) e >50% (fracção < 63µm). No ponto de amostragem **G**, em concentrados de materiais soltos, reconheceram-se grãos/cristais de scheelite e ferberite pseudomórfica com calibres > 5cm (**ANEXO XIII**).

Num programa de amostragem pontual sobre crustificações na escombreira principal colheram-se amostras em 10 roços (**Figura V. 144**). A análise química daqueles materiais revelou conteúdos vestigiais de Au, procedendo-se a nova amostragem nos pontos (3, 5 e 9) com valores mais altos (>0,3ppm). Nos locais com anomalias mais significativas fez-se o levantamento dos perfis (**Tabela V. 52**), distinguindo níveis de crustificações de fundo e obtendo material separadamente para quantificação dos teores de Au.

Da amostragem assim realizada, com discriminação mineralógica (cromática e textural), verificaram-se teores mais altos de Au (> 1ppm) na presença de goethite e restos vegetais mineralizados (Tabela V. 52).

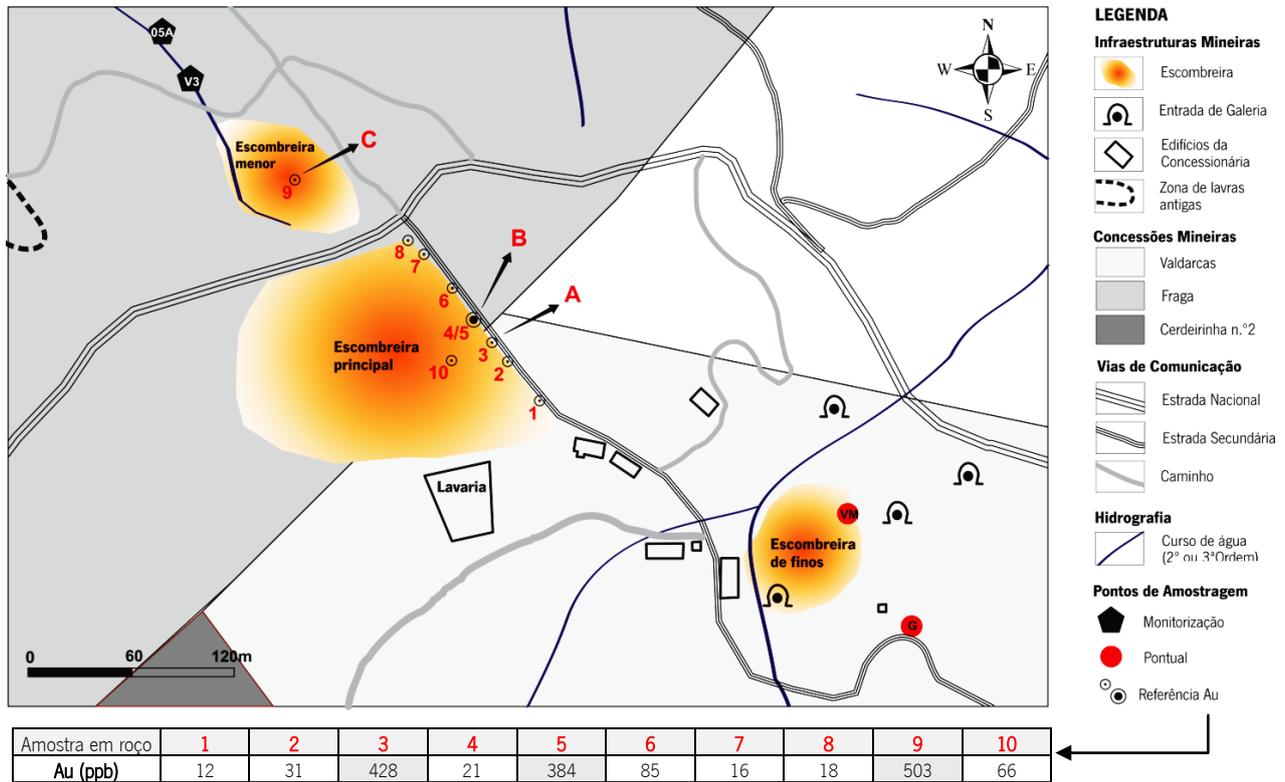


Figura V. 144. Croqui das principais infra-estruturas mineiras do EMA de Valdarças, localização dos pontos amostrados na escombreira principal (1-10) pela Rio Narcea Gold Mines (2002) – colheita em roço e respectivos teores de ouro. Locais seleccionados onde se levantaram os perfis A, B e C para colheita de material por níveis de crustificação.

Tabela V. 52. Perfis A, B e C (localizados na Figura V. 20). Amostragem em diferentes níveis com quantificação dos conteúdos vestigiais de Au (ppb). Extração química com *Aqua Regia*, seguida de ICP - MS. Abreviaturas usadas na descrição expedita de associações mineralógicas: argila (ARG); goethite (GOE); sulfatos (SULF); matéria orgânica (MO). Nota: matéria orgânica, neste caso, significa a presença de restos vegetais mineralizados. Altura dos perfis A e B ≈1m, C ≈15cm.

Associações mineralógicas	Perfil A	Au (ppb)	Associações mineralógicas	Perfil B	Au (ppb)	Associações mineralógicas	Perfil C	Au (ppb)
ARG + GOE + SULF		110	(instabilização recente)		23		1334	
GOE		30	ARG + SULF		82		GOE + MO	36
ARG + SULF		1128	ARG + GOE + SULF		19	GOE + ARG		
ARG + MO + GOE		45	GOE		1613	ARG + GOE		
ARG + GOE + SULF			ARG + GOE		421			
ARG + SULF + GOE			ARG + GOE + MO		42			
ARG + SULF + GOE		ARG + SULF + GOE						
ARG + SULF + GOE		ARG + SULF						

### V.3.2. PARÂMETROS DESCRITORES DE REFERÊNCIA E AMBIENTES DE DRENAGEM

Para o Ribeiro do Poço Negro, **Valente (2004)** definiu ambientes de drenagem mediante padrões de comportamento espacial, em função de parâmetros físico-químicos, da ocorrência de algas acidófilas e de produtos neoformados na dependência da drenagem ácida. Com base na monitorização do sistema (entre 2001 e 2002), a Autora procedeu a uma classificação hierárquica, definindo classes de semelhança. Para a classificação usou a média paramétrica e a distância euclidiana entre os valores paramétricos das amostras (n=89), resultando um dendograma com classes e subclasses de amostras, exprimindo as propriedades comuns de ambientes de drenagem.

Assim, as classes reconhecidas por **Valente (2004)**, para uma escala de interpretação de baixo pormenor (30%) com base no conjunto de dados {pH, Eh, SO<sub>4</sub>, Acidez, Fe, Mn, Cu, Zn, As, Ca, K, Al, Na, Si, Mg, F}, foram: **1)** zona de escoamento superficial da escombreira; **2)** zona de exurgências na base da escombreira (estas duas zonas não são abrangidas no presente estudo); **3)** troço principal do Ribeiro do Poço Negro (**V3, V4, V5, V9**); **4)** zona próxima da confluência com o Rio Coura e no troço superior do ribeiro, na dependência de uma exurgência natural (**V7;05A**).

Para aquelas classes, a Autora interpretou cinco ambientes de drenagem com base naquela classificação e ainda em fenómenos de interacção mineral-água-ecossistemas; neste estudo interessa reter: **05A)** ambiente de exurgência do ribeiro, **V3 a V9)** ambiente do troço principal do ribeiro; **V7)** ambiente próximo da confluência com o Rio Coura.

Neste estudo, reproduziu-se a classificação hierárquica apresentada em **Valente (2004)** para o mesmo conjunto de parâmetros obtidos das estações também definidas pela Autora para o Ribeiro do Poço Negro (V3, 05A, V4, V5, V9 e V7). Propagou-se ainda a classificação às estações do Rio Coura (C1, C4, C4', C6, C12). Respeitou-se a formulação matemática usada em **Valente (2004)**, designadamente a transformação logarítmica dos dados (excepto do pH) e a fórmula de normalização. A ferramenta estatística aqui usada foi o *Hierarchical Clustering, distância euclidiana e método de ward* (software GCDkit, **Janousek et al., 2006**).

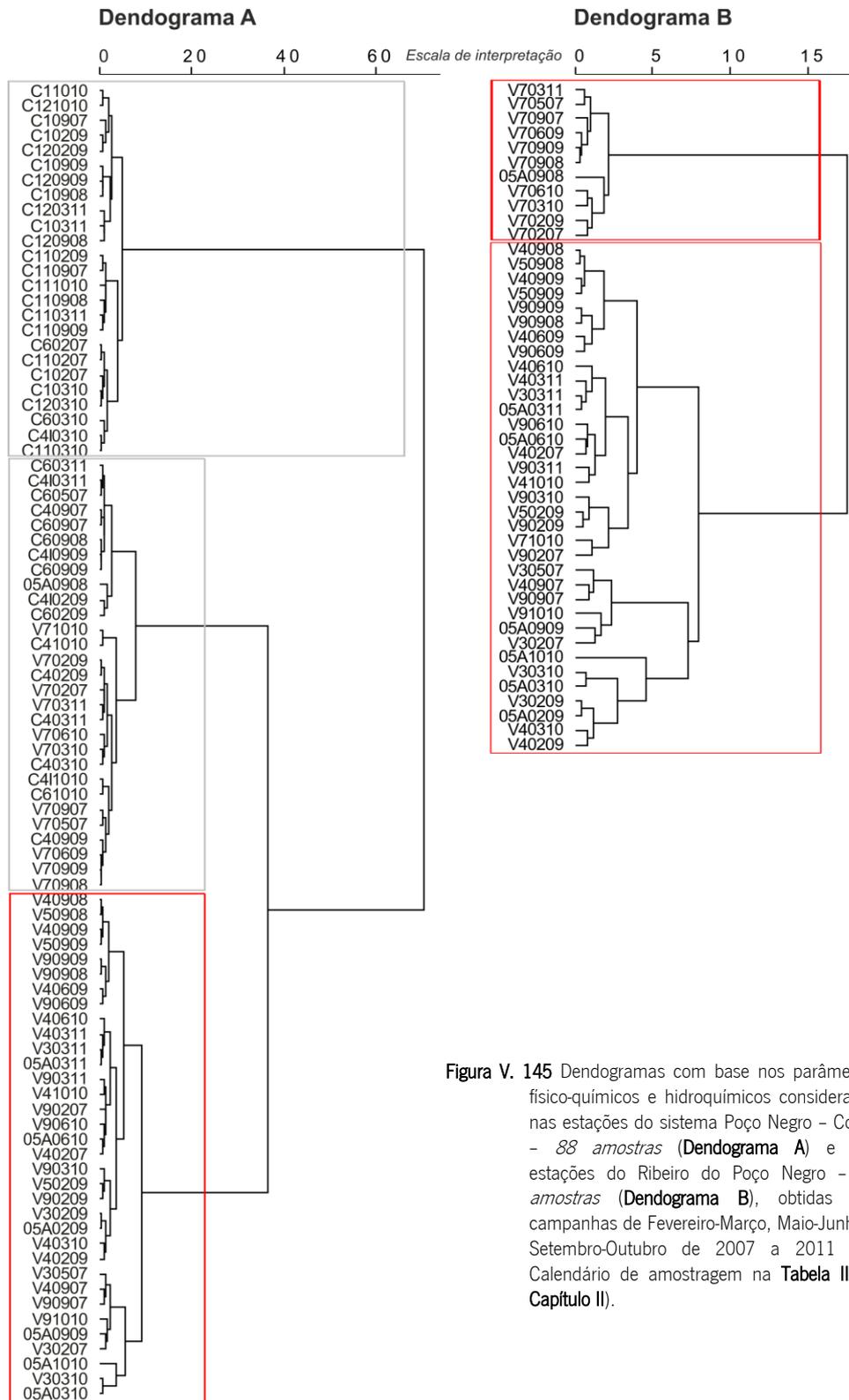
O dendograma A da **Figura V. 145** inclui as amostras do Ribeiro do Poço Negro e Rio Coura (n=88). O dendograma B da mesma figura considera apenas as amostras do Poço Negro (n=46). As amostras estão identificadas pela estação, mês e ano de colheita (por ex. amostra 05A1010, colhida na estação 05A, em Outubro de 2010).

Para o dendograma A, as três classes discriminadas, para uma escala de interpretação de cerca de 37%, incluem as seguintes amostras:

- Amostras das estações do Rio Coura mais afastadas do foco de dispersão (C1, C11, C12) e ainda C6 na campanha antes da reabilitação ambiental da escombreira de Valdarcas (C60207) e C4' na campanha 03/2010;
- Amostras das estações do Ribeiro do Poço Negro no troço inferior (V7) e do Rio Coura, na zona de confluência (C4) e proximidade (C4' e C6), excepção da amostra 05A0908
- Amostras das estações no Ribeiro do Poço Negro, troço superior e médio (V3, 05A, V4, V5 e V9).

Estas classes reforçam a existência de uma dispersão significativa das propriedades do ribeiro ao longo da zona de confluência, e já no Rio Coura numa extensão de, pelo menos, 300m para jusante, ou seja pela inclusão na mesma

classe das amostras obtidas nas estações de V7, C4, C4' e C6. Antes da reabilitação ambiental da escombreira, as propriedades da água em C6 seriam mais semelhantes com do rio, fora da influência do ribeiro.



**Figura V. 145** Dendrogramas com base nos parâmetros físico-químicos e hidroquímicos considerados nas estações do sistema Poço Negro - Coura - 88 amostras (**Dendograma A**) e nas estações do Ribeiro do Poço Negro - 46 amostras (**Dendograma B**), obtidas nas campanhas de Fevereiro-Março, Maio-Junho e Setembro-Outubro de 2007 a 2011 (ver Calendário de amostragem na **Tabela II. 4**, **Capítulo II**).

A partir do dendrograma B (**Figura V. 145**) pode admitir-se genericamente que se mantêm ambientes de drenagem contrastantes, com base nas mesmas propriedades definidas em **Valente (2004)** para o Ribeiro do Poço Negro. A classificação permitiu definir dois grupos fundamentais (escala de interpretação superior a 15% da escala máxima) em que 05A integrar a classe representada pelas amostras correspondentes ao troço principal (V3, V4, V5 e V9), destacando-se da

classe constituída pelas amostras de V7 (com exceção da amostra 05A0908). A amostra V71010, destaca-se integrando a classe correspondente ao trecho principal.

Para identificação das variáveis mais importantes, aplicou-se uma outra técnica de análise multivariada, a análise de componentes principais para as amostras do ribeiro e rio e só para o grupo das amostras do Ribeiro do Poço Negro. A ferramenta estatística usada foi o *Principal Components* (GCDkit, Janousek *et al.*, 2006), com base na matriz normalizada para os mesmos parâmetros que se consideraram no *Hierarchical Clustering*.

Para o sistema Poço Negro – Valdarças, os parâmetros distribuem-se ao longo de seis componentes principais que explicam 95% da informação do universo dos dados (Tabela V. 53). A primeira componente explica cerca de 50% dos dados, cujo parâmetro principal é a acidez (estações com e sem drenagem ácida). A segunda componente principal explica 78%, os parâmetros discriminantes sobretudo da população com drenagem ácida e que incluem as concentrações de Ca, Mg, K e As. Pode ainda atender-se à terceira componente que discrimina as estações pela concentração de As. Por seu turno, as concentrações de Na, K e Si são os parâmetros mais relevantes das componentes quarta, quinta e sexta.

Esta análise permite distinguir claramente as duas populações de dados, com base na acidez (Tabela V. 53). A população com drenagem ácida apresenta maior dispersão quanto às concentrações de Ca, Mg e K e ainda As.

**Tabela V. 53.** Componentes principais para o conjunto {pH, Eh, SO4, acidez, Fe, Mn, Cu, Zn, As, Ca, K, Al, Na, Si, Mg, F} analisados nas estações do Ribeiro do Poço Negro – Rio Coura, nas campanhas de Fev.-Março, Maio-Jun. e Set.-Out de 2007-2011.

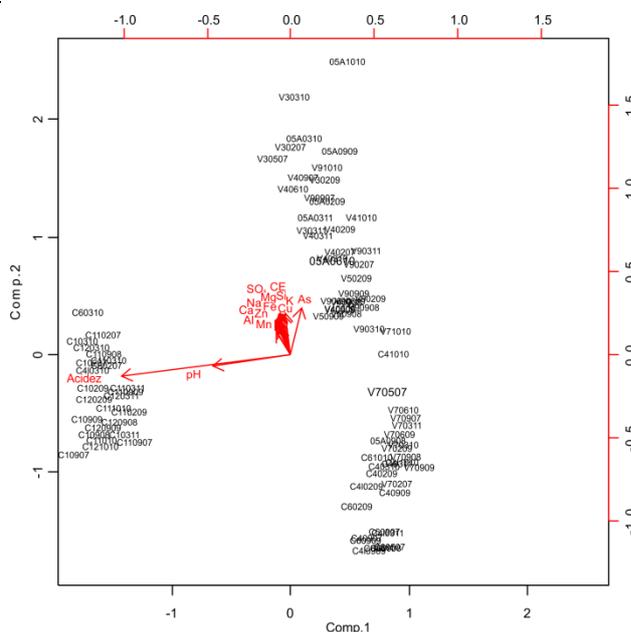
Importance of components:						
	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6
Standard deviation	1,44	1,01	0,56	0,47	0,34	0,25
Proportion of Variance	0,52	0,26	0,08	0,05	0,03	0,02
Cumulative Proportion	0,52	0,78	0,86	0,91	0,94	0,96

Loadings:						
	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6
pH	-0,41				0,47	-0,40
Ce		0,24	-0,10			-0,29
Acid	<b>-0,88</b>	-0,16		0,12	-0,25	0,15
F		0,20		-0,37		<b>0,60</b>
SO <sub>4</sub>		0,22		-0,17		-0,10
Al		0,18		-0,18	0,17	
Mn		0,17		-0,16	0,11	-0,12
Ca		<b>0,30</b>		-0,11	-0,11	
Fe		0,25	-0,11	-0,15	-0,17	
Cu		0,28	0,32	-0,13		0,12
Zn		0,22		-0,38	0,15	0,20
Na		0,27	-0,28	<b>0,61</b>	0,40	0,44
Mg		<b>0,31</b>	-0,21			-0,22
Si		0,30	-0,21	0,12	0,27	-0,13
K		<b>0,31</b>	-0,20	0,27	<b>-0,61</b>	-0,12
As		<b>0,35</b>	<b>0,80</b>	0,32		-0,12

	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6
SS loadings	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Proportion Var	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Cumulative Var	0,06	0,13	0,19	0,25	0,31	0,38

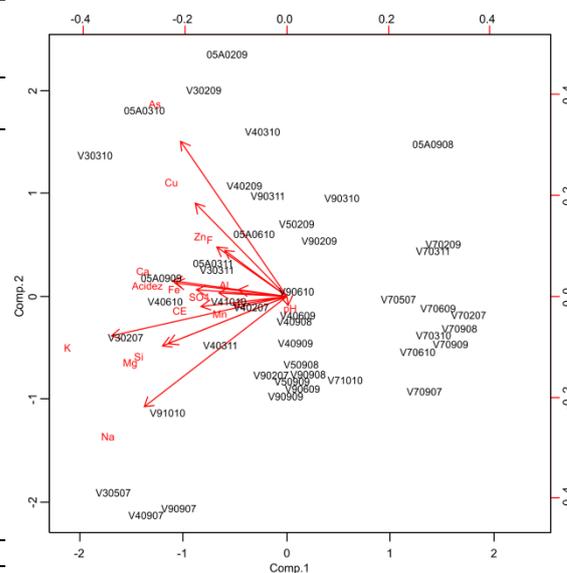


Atendendo apenas às estações do sistema do Ribeiro do Poço Negro, a dispersão dos dados pelos componentes principais parece maior (Tabela V. 54), sete componentes que explicam 96% da informação do universo dos dados. Neste caso, a primeira componente explica 54% dos dados, muito embora a dispersão entre os vários parâmetros seja muito grande, destacando-se as concentrações dos elementos maiores (K, Na, Mg). A segunda componente explica até 73% da

informação em que o parâmetro fundamental é o As. A terceira e quarta componente são explicadas pelo Na e Si. A quinta componente inclui o pH e o CE para a exposição dos dados. Na sexta componente destaca-se o Ca. Por fim, na sétima componente evidencia-se a acidez, o Fe e o Ca (Tabela V. 54).

**Tabela V. 54.** Componentes principais para o conjunto {pH, Eh, SO<sub>4</sub>, acidez, Fe, Mn, Cu, Zn, As, Ca, K, Al, Na, Si, Mg, F} obtidos apenas nas estações do **Ribeiro do Poço Negro**, nas campanhas de Fev.-Março, Maio-Jun. e Set.-Out. de 2007-2011.

Importance of components:							
	Comp,1	Comp,2	Comp,3	Comp,4	Comp,5	Comp,6	Comp,7
Standard deviation	0,98	0,59	0,43	0,33	0,25	0,18	0,17
Proportion of Variance	0,54	0,19	0,10	0,06	0,03	0,02	0,02
Cumulative Proportion	0,54	0,73	0,84	0,90	0,93	0,95	0,96
Loadings:							
	Comp,1	Comp,2	Comp,3	Comp,4	Comp,5	Comp,6	Comp,7
pH					0,12	-0,14	0,16
CE	-0,21		-0,16		0,28		
Acidez	-0,28		-0,21	0,29	-0,16	0,21	<b>0,82</b>
F	-0,16	0,20	-0,21	-0,28	-0,35	0,38	-0,42
SO <sub>4</sub>	-0,17		-0,18			-0,12	0,33
Al	-0,12			-0,20			
Mn	-0,13		-0,10				
Ca	-0,29		-0,14	-0,12		-0,21	
Fe	-0,23		-0,22	0,18		<b>-0,59</b>	-0,59
Cu	-0,23	0,39			<b>-0,56</b>	-0,27	0,53
Zn	-0,17	0,21	-0,13	-0,31	-0,16	0,24	-0,10
Na	<b>-0,36</b>	-0,47	<b>0,59</b>	0,24	-0,37		
Mg	-0,31	-0,21		-0,18	0,24		
Si	-0,30	-0,20	0,27	<b>-0,62</b>	0,23	-0,13	
K	<b>-0,44</b>	-0,17	-0,30	0,36		0,46	0,18
As	-0,27	<b>0,65</b>	0,48	0,20	0,41	0,13	-0,17
SS loadings							
SS loadings	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Proportion Var	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Cumulative Var	0,06	0,13	0,19	0,25	0,31	0,38	0,44



### V.3.3. DESCRIÇÃO ESPÁCIO - TEMPORAL DA DISPERSÃO HIDROGEOQUÍMICA

Dada a complexidade inerente ao agrupamento de estações por ambientes de drenagem, bem como a definição de indicadores responsáveis pelo impacte ambiental e sua dispersão, justifica-se a descrição abrangente dos parâmetros (físico-químicos, hidrogeoquímicos, mineralógicos e ecológicos) com a ilustração da envolvente espacial de cada estação de amostragem, ao longo das diferentes campanhas.

Em Março de 2011, após episódios de elevada pluviosidade, ocorreu o arrastamento de material do leito vivo e margens do Ribeiro do Poço Negro para o Rio Coura. A elevada turbidez e enrubescimento da água do rio foram relatadas em Vilar de Mouros (a 14km da confluência do ribeiro), em Abril de 2011, com implicações muito lesivas na fauna fluvial, designadamente a morte de peixes. Na sequência deste fenómeno foram implantados novos muros gaviões, com bloco calcário, do troço superior do Ribeiro do Poço Negro, precisamente no local que correspondia à Estação 05A. A acção incluiu ainda o assoreamento dos troços entre as Estações V3 e V4, com alargamento do leito de inundação. As observações que aqui se apresentam dizem respeito ao ambiente do Ribeiro do Poço Negro anterior àquelas intervenções supletivas à obra de reabilitação ambiental da escombreira em 2007.

## V.3.3.1. Estações do Ribeiro do Poço Negro (V3 – V7)

As estações monitorizadas no Ribeiro do Poço Negro, entre 2007 e 2011 (Figura V. 146) mostraram transformações fisiográficas muito significativas que se justificaram, por um lado, pelo regime de escoamento torrencial do ribeiro, acentuado nos episódios meteóricos mais intensos e, por outro lado, pela carga sedimentar disponibilizada na reabilitação ambiental da escombreira (tanto pela mobilização de material consolidado, sob a forma de crustificações, como pelos materiais de empréstimo).

A variação de parâmetros físico-químicos, conteúdos químicos específicos e a abundância relativa de neoformações mineralógica e organismos bênticos estão indicadas na Tabela V. 55 para cada uma das estações, apresentando-se discriminadamente os valores obtidos antes e depois da obra de reabilitação.

**Tabela V. 55.** Estações do Ribeiro do Poço Negro – variação dos parâmetros físico-químicos de medição *in situ* [pH, potencial redox (Eh), temperatura (T), condutividade eléctrica (CE), oxigénio dissolvidos (OD)]; de análise laboratorial [acidez (Acid), alcalinidade total (AlcTot), sólidos suspensos totais (SST), conteúdo do anião sulfato (SO<sub>4</sub>)] (procedimentos específicos enunciados no Capítulo II). Abundância relativa de neoformações mineralógicas ao longo do curso e margens (NeoFor min) (LB e DRX) e de micro-algas *Euglena sp.* (E) e *Klebsormidium sp.* (K) (LB e MOLT). Composição química, valores mínimos e máximos (valor *entre parêntesis* corresponde à amostragem de **Fev. de 2007**, conteúdo dos elementos maiores Fe, Ca e Si (ICP-EOS) e elementos traço [somatório de Zn,Cu,Cd,Ni,Co,Pb] ( $\sum$ [metais]) e As (ICP-MS).

	pH	Eh (RmV)	T (°C)	CE (µS/cm)	Acid (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	AlcTot (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	SST (mg/L)	NeoFor min	OD (mg/L)	Micro-algas	SO <sub>4</sub> (mg/L SO <sub>4</sub> )	[Fe] (ppm)	[Ca] (ppm)	[Si] (ppm)	$\sum$ [metais] (ppb)	[As] (ppb)
V3	(2,6)	397 - 507	13 - 25,3	(2510)	(1271)	-	(3,8)	++	2,9 - 6,2	++++	(1514)	(459)	(161)	(17,5)	(1380,2)	(2,7)
	2,9 - 3,5				1848 - 2746						793 - 1528	0 - 38	K>E	956 - 1916	205 - 546	123 - 153
05A	2,8 - 3,4	405 - 522	13 - 18,8	976 - 2606	400 - 1249	-	0 - 61	++++	1,6 - 6,4	++	241 - 1492	15,2 - 439	26,4 - 140	0,75 - 15	557 - 11000	0,91 - 220
V4	(2,6)	409 - 536	13,2 - 25	(1797)	(800)	-	(5)	+++	3,7 - 6,1	+++	(972)	(285)	(98,7)	(13,5)	(1070)	(2,9)
	3 - 3,4				1006 - 2670						643 - 1417	1 - 17	K>E	989 - 1804	27,1 - 496	67,2 - 103
V5	2,7 - 3,3	451 - 565	13 - 27,3	888 - 2520	124 - 1405	-	0 - 6,5	++++	3,8 - 7,8	++	956 - 1638	113 - 204	71,2 - 83	10,8 - 12,4	1050 - 2546	0,8 - 2,1
V9	(2,7)	459 - 566	12,6 - 22,9	(1486)	(635)	-	(0)	++	4,7 - 8,5	+	(779)	(149)	(83,4)	(15,8)	(969)	(2,2)
	2,7 - 3,2				784 - 2236						611 - 915	0 - 12	K	576 - 1090	13,1 - 209	64,2 - 89
V7	(2,8)	481 - 583	12,6 - 20,4	(885)	(265)	-	(0)	++	5,6 - 8,7	+	(364)	(52,6)	(20)	(7)	(408,3)	(0,6)
	2,9 - 3,5				439 - 1531						262 - 600	0 - 16	K	280 - 598	21,4 - 93,2	27,4 - 47,9

Destacam-se alguns aspectos ilustrados na Figura V. 146, relativamente a cada uma das estações:

**Estação V3** – No muro-gabião implantado a montante desta estação acentuou-se uma tonalidade ocre, com deposição de argila e precipitados ocre, verificou-se aqui o maior assoreamento no decurso da obra de reabilitação, mas a superfície original do ribeiro tem sido reposta nos períodos de maior pluviosidade, desnudando uma crustificação de grande consistência. Nesta reconhece-se uma leve estratificação com tonalidades mais escuras na base do leito (5YR3/4 a 5YR 2/2, Munsell, 2009) e tons mais claros nas margens escavadas (10R6/6 a 10YR8/6) (Figura V. 146, V3 09/2010). A indicação da cor neste tipo de sistemas tem valor muito pontual, a granulometria ou textura das crustificações, bem como a presença ou ausência de água, de filmes sobrenadantes e de eflorescências salinas promove uma elevada diversidade cromática (as cores aqui indicadas dizem respeito

apenas a superfícies emersas, secas e sem eflorescências). Nesta estação nem sempre se verificou caudal suficiente para amostragem de água, ou medições de parâmetros *in situ* (Maio-Junho). Verificou-se também maior pisoteio, dada a proximidade a um caminho de serventia agrícola. Curiosamente, não é raro encontrar animais no canal de estiagem (**Figura V. 146**, V3 06/2009). No leito do ribeiro e suas margens de inundação não se verifica vegetação significativa, destacam-se o feto-comum (*Pteridium*) e raras gramíneas (*Agrostis*). Em leito vivo, e na presença de uma coluna de água (> 20cm), observam-se micro-algas acidófilas, *Klebsormidium* e *Euglena*, com predominância da primeira. Pelo que se pode constatar da **Tabela V. 55**, após a obra de reabilitação ambiental, os valores de pH aumentaram, oscilando entre 2,9 e 3,5. Entre os principais parâmetros indicados, a acidez em V3 registou os valores mais altos (1528mg/L, em Maio de 2007) no período da obra de reabilitação (data na qual os valores de acidez estiveram mais altos também nas estações de V4 e de V5). Em relação à composição química específica, os elementos maiores (Fe, Ca, Al, Mn, Si, Mg e Na > 1ppm) apresentam concentração mais alta à data de execução da obra, o Al, o Si e o Na decresceram a partir daí, o Fe decresceu mais de metade (02/2009) restabelecendo-se nas campanhas seguintes. O caso do Ca é distinto, diminui após obra e aumentou em Março de 2010, possivelmente com a colocação de muros-gabiões com blocos margosos a montante, nesta data as concentrações de sulfato, Co, Sr, Rb, Y e Cr são as mais altas registadas na água de V3. A composição em metais pesados (Zn, Cu, Cd, Ni, Co e Pb) regista uma grande oscilação, com uma subida brusca em 02/2009. O Zn e Cu têm contributo maior.

**Estação 05A** - O desnível de cerca de 7m entre a estação 05A e V3 foi atenuado pela introdução de tubagens abaixo do caminho que atravessa o curso de água. As marcas da erosão imposta pela água aumentaram a profundidade neste local, beneficiando a retenção de sedimentos densos - a concentração deste material à bateia permitiu estimar >50 % de scheelite do material denso (fracção < 63µm). A superfície do leito corresponde a uma crustificação consistente, resistente ao pisoteio nos meses de estio, a diversidade cromática da estratificação (5R2/6 a 5R 4/6, **Munsell, 2009**) é menos notória que em V3. Destacam-se nesta estação as colónias de briófitas (*Sphagnum*) que recobrem as crustificações emersas e os nichos de juncos (*Juncus*) no leito de inundação (**Figura V. 146**, 05A 02/2009), persistindo nos períodos mais pluviosos. Após episódios pluviosos mais intensos acumulam-se restos vegetais (folhas, troncos e sementes de eucalipto, carvalho e pinheiro). Destaca-se na estação 05A (e estendendo-se até à estação V4) o desenvolvimento de microalgas acidófilas nomeadamente *Euglena* e *Klebsormidium*, em colónias mistas e com ciclos de desenvolvimento similares até à necrotização. A exsurgência natural que caracteriza esta estação parece favorecer o desenvolvimento das algas, desenvolvendo estruturas peculiares contiguas a biofilmes nas zonas com menor velocidade de corrente de água. Entre os parâmetros físico-químicos destaca-se uma leve redução da acidez e da concentração de sulfato. Reconheceu-se um aumento significativo da concentração de metais pesados (sobretudo Zn e Cu). Em 10/2010 a concentração de As atingiu o valor de 220ppb, excepcionalmente alto relativamente a todo o sistema (a média no Ribeiro é cerca de 3ppb, e no Rio Coura é de 0,68ppb).

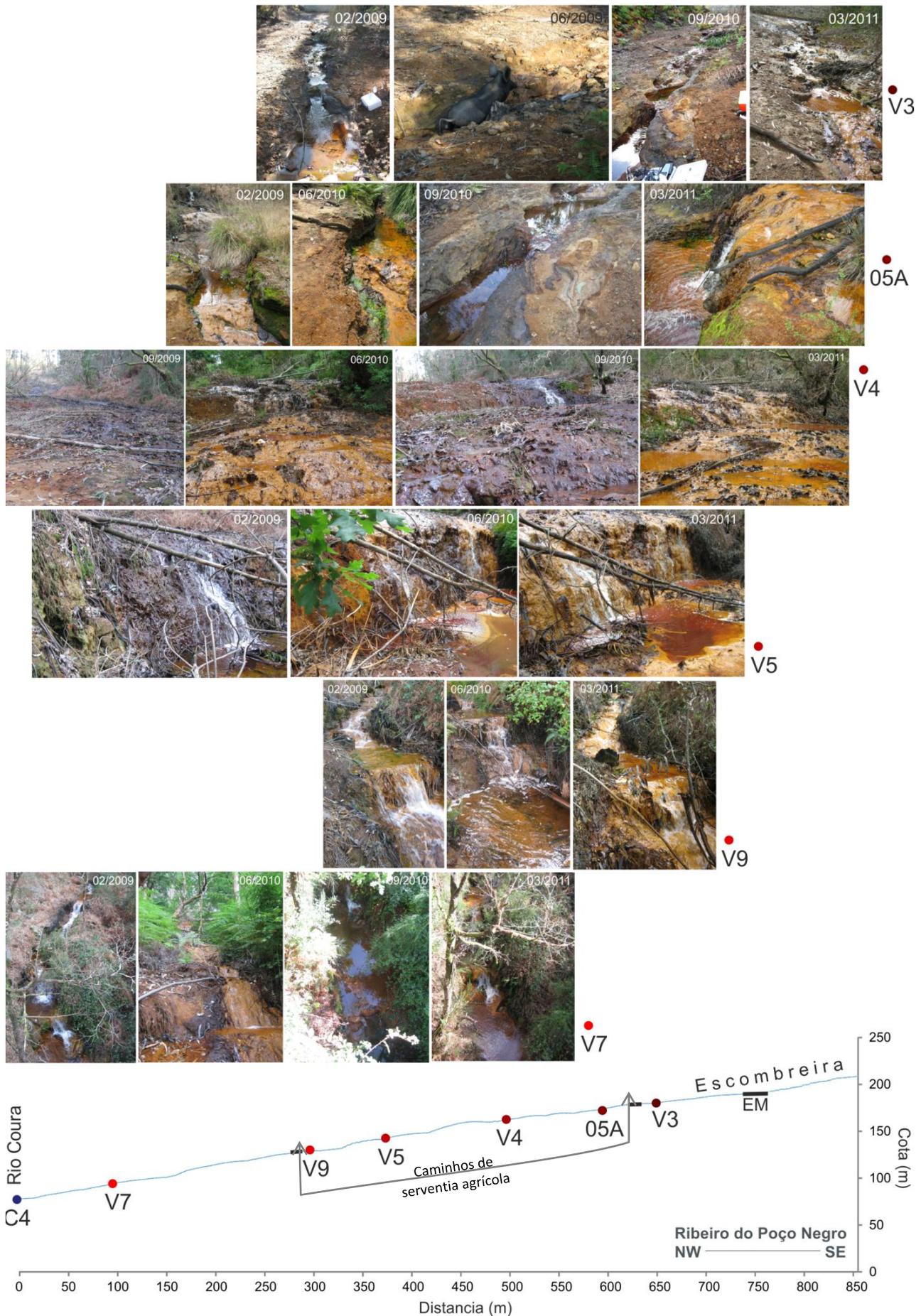


Figura V. 146. Aspectos ilustrativos de diferentes campanhas nas estações no Ribeiro do Poço Negro. Indicação no perfil das estações dos caminhos para serventia agrícola, estrada municipal (EM) e, na cota mais alta, parte da extensão ocupada pela escombeira de Valdarças. Perfil traçado com base na modelação digital do terreno (827 pontos), projectado com o *software* SURFER 10.

**Estação V4** - Leito de inundação mais largo e com baixo declive (<12%), superfície de escoamento mais larga e pouco profunda, com zonas de acalmia na velocidade da corrente; margens com vegetação arbórea densa (carvalho, pinheiro, eucalipto, videiro) que contribui para a modelação do leito – os desníveis assim produzidos, com relativa consistência representam armadilhas para a deposição de resíduos minerais e crustificação. A dispersão de algas acidófilas atinge esta estação. Em associação com organismos bênticos formam-se filmes mineralizados sobrenadantes, constituídos fundamentalmente por schwertmannite. Nas margens ocorre ainda uma intensa proliferação de sais solúveis, eflorescências rosáceas e brancas, correspondente a gesso, rozenite e jarosite (**Figura V. 146**, V409/10). Entre os parâmetros físico-químicos têm maior destaque a acidez, a CE e a carga de sólidos suspensos totais que se acentuam a partir da obra de reabilitação ambiental. Em 02/2009, o conteúdo de sulfato é destacadamente mais alto, a concentração de metais nomeadamente o Zn e Cu é alta (>2,8ppm).

**Estação V5** - Local com acentuado desnível e queda de água (> 1,5m) com grande acumulação de restos vegetais que são incorporados na crustificação e proporcionam suporte ao desenvolvimento de espeleotemas ocres (**Figura V. 146**, V5 03/11). A cor da água é vermelha (5R2/6, **Munsell, 2009**), formando-se espumas e floculados ocres.

**Estação V9** - Corresponde ao curso médio do ribeiro, com uma leve diminuição do declive, elevado encaixe e margens muito vegetadas (com carvalho, tojo, feto). No período em apreço, esta estação foi a que sofreu maior assoreamento pela carga detritica e crustificações arrancadas do troço superior. São raras as neoformações mineralógicas e também a presença de algas. Destacam-se os conteúdos de Ca, Al, Mn, Si (>31ppm em 10/2010) e o aumento gradual de As (>7ppb em 03/2011) a partir da obra de reabilitação.

**Estação V7** - troço inferior do ribeiro, a cerca de 140m da foz, é de notar o encaixe rochoso e vegetado (herbáceas, fetos, eucaliptos e carvalhos) e a proximidade à estrada nacional. Foram registados valores elevados de Eh e CE mais baixa, entre as restantes estações do ribeiro. A acidez é menor, bem como o conteúdo de sulfato. O conteúdo de metais pesados foi mais alto em 02/2009, que poderá ter decorrido da instabilização a montante, motivada por episódios pluviosos mais acentuados.

A generalidade dos parâmetros físico-químicos e de composição específica das águas, presentes na **Tabela V. 55** permite comparar valores de caracterização ambiental antes e depois da obra de reabilitação da escombreira. Reconheceu-se, generalizadamente a depreciação das condições imediatamente após a obra, em 09/2007 e 2008. Registou-se uma melhoria gradual dos parâmetros já em 2009. As oscilações da concentração do Ca, poderiam salientar a influência de muros-gabiões com bloco calcário. Efectivamente, na Estação V4, os valores mais altos corresponderam à última campanha (03/2011), em que se verificou a manutenção daquelas estruturas, muito embora os valores mais altos nas estações a montante (05A e V3) se tivessem verificado um ano antes.

### V. 3.3.2. Estações no Rio Coura (C1 – C12)

Na zona de confluência do Ribeiro do Poço Negro com o Rio Coura podem observar-se características idênticas às descritas em algumas estações do ribeiro, tais como: cor avermelhada da água, superfícies de escoamento com

crustificações ferralíticas, espumas e colônias de organismos na base do leito. A variação de parâmetros físico-químicos das águas, composições específicas e abundância relativa de neofomações mineralógicas e organismos bênticos estão indicadas na **Tabela V. 56** para cada uma das estações do Rio Coura. Apresentam-se discriminadamente valores obtidos antes e depois da obra de reabilitação da escombreira de Valdearcas.

**Tabela V. 56.** Estações do Rio Coura - variação dos parâmetros físico-químicos de medição *in situ* [pH, potencial redox (Eh), temperatura (T), condutividade eléctrica (CE), oxigénio dissolvidos (OD)]; de análise laboratorial [acidez (Acid), alcalinidade total (AlcTot), sólidos suspensos totais (SST), conteúdo do anião sulfato (SO<sub>4</sub>)] (procedimentos específicos enunciados no Capítulo II). Abundância relativa de neofomações mineralógicas ao longo do curso e margens (NeoFor min) (LB e DRX) e da micro-alga *Klebsormidium sp* (K) (LB e MOLT). Composição química, valores mínimos e máximos (valor *entre parêntesis* corresponde à amostragem de **Fev. de 2007**), conteúdo dos elementos maiores Fe, Ca e Si (ICP-EOS) e dos elementos traço [somatório de Zn,Cu,Cd,Ni,Co,Pb] ( $\Sigma$ [metais]) e As (ICP-MS).

	pH	Eh (RmV)	T (°C)	CE (µS/cm)	Acid (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	AlcTot (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	SST (mg/L)	NeoFor min	OD (mg/L)	Micro-algas	SO <sub>4</sub> (mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	[Fe] (ppm)	[Ca] (ppm)	[Si] (ppm)	$\Sigma$ [metais] (ppb)	[As] (ppb)
C1	(6,2)	211 -	10,9 -	(44,1)	-	(3,0)	(3)	-	4,2 -	-	(0,8)	(0,03)	(1,2)	(2,8)	(11,4)	(0,2)
	5,4 - 7,2	339	22,7	31 - 62		4,0 - 7,4			0 - 76		11,7	1,1 - 10	0,03 - 0,11	1,2 - 2,3	2,5 - 3,8	1,1 - 14,4
C4	2,9 - 3,6	457 - 590	12,4 - 23	293 - 1179	77 - 1110	-	0 - 20	+++	4,3 - 7,1	+	65 - 465	1,95 - 50,2	7,2 - 37,9	5,4 - 15,8	147 - 712	0,1 - 3
C4I	3,2 - 6,3	241 - 556	10,5 - 21,6	44 - 763	83 - 278	3,6	2 - 473	++	4,6 - 8,4	-	1,9 - 238	0,05 - 17,9	1,3 - 17,9	2,4 - 5,9	11 - 224	0,1 - 0,8
C6	3,1 - 6,3	192 - 549	10,6 - 21	(41,8) 44,3 - 737	56 - 264	(2,4) 3,7	(2,4) 0 - 30	+	3,8 - 7,0	-	(1,9) 2,2 - 196	(0,06) 0,04 - 14,1	(1,3) 1 - 15,9	(2,7) 1,9 - 6,7	(9,92) 10 - 299	(0,2) 0,1 - 0,8
	C11	4,8 - 5,9	272 - 454	11,3 - 22	(37,9) 35,8 - 74,4	-	(2,4) 0,5 - 3,4	(0,6) 0 - 12	-	5,3 - 6,9	-	(1,8) 1,4 - 14	(0,05) 0,02 - 0,08	(1) 0,8 - 1,9	(2,2) 1,8 - 2,4	(11,37) 10,1 - 25,8
C12	5,3 - 6,4	205 - 430	10,9 - 18,9	(40,3) 44 - 66,6	-	(1,98) 3,7 - 7,3	(3,4) 0 - 23	-	4,4 - 7,3	-	(1,2) 1,6 - 4,1	0,03 - 0,14	1,2 - 2,3	2,4 - 3,7	1,7 - 16,27	0,31 - 3,4

Nas estações monitorizadas no Rio Coura, entre 2007 e 2011, registaram-se com destaque as oscilações de caudal ilustradas em algumas das estações da **Figura V. 146**, fazendo-se referência a alguns aspectos mais significativos:

**Estação C1-** Esta estação situa-se a montante da confluência do Ribeiro do Poço Negro, representando, segundo **Valente (1996, 2004)** uma composição hidrogeoquímica de fundo regional. Está sujeita às flutuações de caudal impostas pela Mini-hídrica, a jusante; as variações atingem por vezes 1,5m (**Figura V. 146** 09/2008 início e fim da tarde). Podem verificar-se semelhanças na generalidade dos parâmetros físico-químicos com a estação mais a jusante do rio (C12), com excepção do O<sub>2</sub> dissolvido, mais alto em C1. Também a concentração em sulfato em C1 foi ligeiramente mais alta, até 10mg/L (**Tabela V. 56**). As composições químicas em elementos maiores incluem o mesmo cortejo, em proporções semelhantes às de C12 (Na, Si, Ca, Mg e K > 1ppm). Os conteúdos de Fe tendem a ser mais altos em C12, bem como os conteúdos de metais pesados, mais concretamente o Zn.

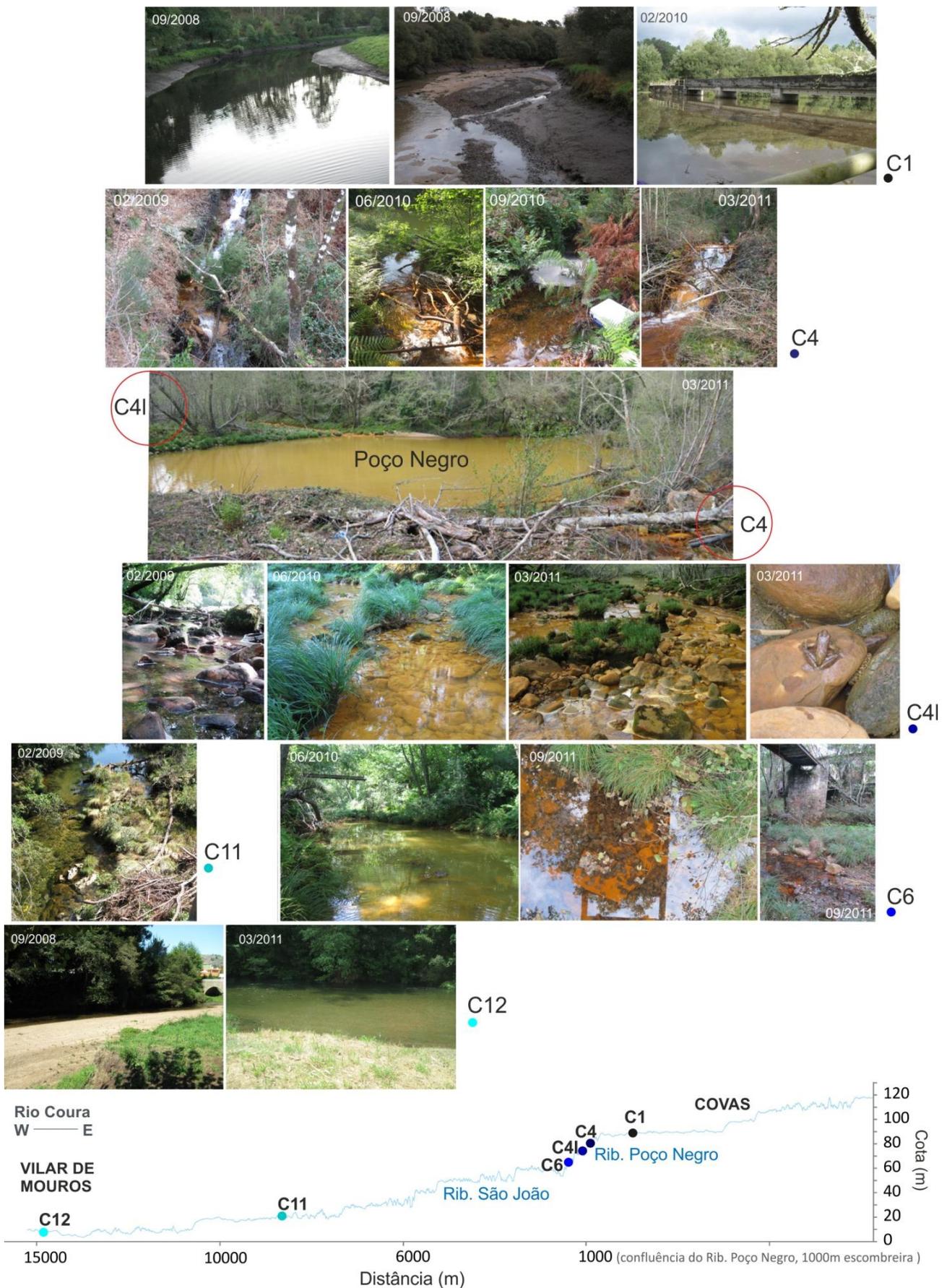


Figura V. 147. Aspectos ilustrativos de diferentes campanhas em cada uma das estações de amostragem no Rio Coura. Distância contabilizada a partir da confluência do Ribeiro do Poço Negro, a cerca de 1000m da escombreira de Valdarças. O Poço Negro tem uma configuração particular, com encaixe abrupto na margem Norte e, possivelmente, muito profundo; neste verificam-se flutuações muito significativas do nível da água ( $\approx 1\text{m}$ ). A estação C4 é abrangida pelo leito de inundação do rio. Perfil traçado com base na modelação digital do terreno (7409 pontos), projectado com o *software* SURFER 10.

**Estação C4** - A disponibilidade de água nesta estação depende do Ribeiro do Poço Negro e de outros ribeiros que confluem nesta zona, bem como, do alto caudal do Rio Coura, condicionado pelas descargas da Mini-hídrica a montante. Em períodos com menor disponibilidade de água os valores de pH registados foram baixos (2,9 a 3,6) e a CE foi muito acentuada (293-1179  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (**Tabela V. 56**). A composição da água no que respeita a elementos maiores é equivalente às estações do Ribeiro do Poço Negro (Fe, Ca, Al, Si, Mn, Na, Mg e K > 0,7ppm). Em 10/2010 registaram-se, com excepção do Fe, os valores mais altos naqueles constituintes e ainda em anião sulfato. O conteúdo mais alto em Fe verificou-se em 03/2011. O conteúdo das águas em metais pesados é similar às de V7, com destaque para Zn, Cu, e Co. Quanto a As, esta estação suplantou os valores registados em V7 na campanha de 10/2010 (3ppb) (**Tabela V. 56**), quando aqui os valores de pH se apresentavam mais baixos, essa campanha foi realizada num período que verificou os mais elevados caudais diários descarregados pela mini-hídrica, com máximos de  $40\text{m}^3/\text{s}$ , quando a média nos dois anos anteriores, para o mesmo período, se situou nos  $10\text{m}^3/\text{s}$  (**Figura V.138**, atrás).

**Estação C4'** (ou **C4I**) - Superfície de escoamento do leito, com baixo caudal, caracterizada pela presença de blocos rolados de vários calibres, fortemente impregnados por suspensões coloidais, com elevada dispersão no leito vivo, cuja deposição afecta a flora e fauna ribeirinha, particularmente perceptível em anfíbios (**Figura V. 146** C4'03/2011). Estas suspensões são responsáveis pela turbidez da água, sobretudo no Poço Negro, a sua dispersão é condicionada pela velocidade da corrente do rio, imposta pelos ciclos de descarga da Mini-hídrica a montante. Pode observar-se o fenómeno de recuo e avanço da água pela direcção de dispersão dos sólidos suspensos. A dispersão atinge a Estação C6 (cerca de 200m a jusante). Destaca-se o conteúdo em sólidos suspensos totais de  $473\text{mg}/\text{L}$  em 06/2010 (**Tabela V. 56**), todavia a análise deste parâmetro é condicionada pelo transporte e armazenamento antes da análise sendo preferível a sua averiguação em campo. Registam-se intervalos de valores de pH, Eh, CE e acidez muito distintos de C4, inclusivamente indica-se um registo de alcalinidade (03/2010) (**Tabela V. 56**). A concentração de sulfato é metade da registada em C4. O cortejo de elementos maiores é ligeiramente reorganizado: Ca, Fe, Al, Na, Si, Mn, Mg e K >0,5 ppm, as concentrações mais altas verificaram-se em 03/2011, no entanto, em 03/2010 os valores registados são uma a três ordens de grandeza abaixo da média, possivelmente pela elevada incidência pluviosa desse período (precipitação diária >20mm). Registou-se uma diminuição nas concentrações totais de metais pesados, com contributos significativos do Zn, Cu e Co.

**Estação C6** - Os efeitos da dispersão do material em suspensão tem visível manifestação, nos períodos de maior acalmia da corrente, as fracções mais finas dos sedimentos de leito possuem cor alaranjada (10R6/6, **Munsell, 2009**) (**Figura V. 146**, C609/2011). Destaca-se a elevada proporção de minerais densos no sedimento de leito, fracção grosseira, estimando-se 10% de ferberite pseudomórfica, percentagem igual em grãos compostos (ferberite + scheelite) e 5% de scheelite. Verificou-se um aumento significativo do pH para valores próximos de 6, muito embora se reconheçam oscilações neste parâmetro (**Tabela V. 56**) compatíveis com períodos mais ou menos pluviosos. O cortejo de elementos maiores descrito em C4' é similar nesta estação em concentrações mais baixas (em 03/2010, os valores foram muito mais baixos, em uma a duas ordens de grandeza para cada um dos

elementos maiores). Pelos registos anteriores à obra de reabilitação ambiental em Valdearcas, reconhece-se nas campanhas seguintes um aumento do sulfato em cerca de duas ordens de grandeza, bem como da generalidade dos metais pesados e dos elementos maiores, nomeadamente nos conteúdos de Fe.

**Estação C11 -** Inclui as águas e carga detritica dos principais cursos de água afluentes do Rio Coura, no percurso em apreço (Ribeiro de São João, Ribeiro das Vinhas, da margem Sul). Verifica-se uma oscilação do pH entre 4,8 e 5,9; a CE não excede os 100  $\mu$  S/cm. O cortejo de elementos maiores inclui Na, Si, Ca, Mg, K (>0,5ppm), Al, Fe e Mn (>50ppb). A concentração em metais pesados oscila entre 20 a 10ppb, com contributo fundamental do Zn. Verificou-se um ligeiro aumento desta composição após a obra de reabilitação ambiental em Valdearcas. A concentração em sulfato está entre 1 e 14ppb, equipara-se à presença de nitrato, entre 1,4 e 7ppb. Pode referir-se o conteúdo mais alto de As (1,5ppb) na campanha de 10/2010 (**Tabela V. 56**). Na fracção grosseira dos sedimentos aprisionados em deposito eluvionar, na margem do leito, os minerais densos incluem volframite, ilmenite e granadas, contabilizando-se nas fracções mais finas a scheelite e a volframite.

**Estação C12 -** Em Vilar de Mouros, o rio verifica um alargamento considerável, sendo os depósitos aluvionares nas margens mais volumosos, sobretudo junto a açudes e pontes. Nesta estação o depósito da margem sugere uma eventual influência do material arrastado das escombrelas de Castelhão, podendo integrar a fracção densa (<2mm) cerca de 20% de fragmentos de volframite (pouco rolados) e grãos compostos de volframite e quartzo. No que respeita aos parâmetros físico-químicos, registam-se valores similares a C11, com destaque para a composição de As, mais concentrado na água de C12, atingindo 3,4ppb (03/2011) (**Tabela V. 56**), o que pode também ter justificação na influência das escombrelas de Castelhão, com arsenopirite entre os fragmentos dispersos (neste capítulo indicaram-se para escorrências superficiais na escombrela de Castelhão conteúdos de cerca 129ppb de As, e em zonas sem influencia directa dos materiais de escombrela, 6,8ppb de As).

### V. 3.3.3. Estações de Santa Justa (SSJ e EST)

As amostras de Santa Justa apresentam características físico-químicas e de composição química muito contrastes com as de Valdearcas e também entre si (SSJ e EST). Entre os parâmetros físico-químicos considerados, destaca-se a concentração em As (na amostra SSJ) (>1ppm). Os valores de Eh são elevados na amostra EST, sem concentrações significativas de Fe na água.

No Ribeiro de Santa Justa (amostra SSJ) verifica-se que Na, Fe > Mn > Ca > Mg > Si > K > As > 1000ppb. A concentração de As pode considerar-se excepcionalmente alta, quando comparada com o somatório em metais pesados (Zn,Cu,Cd,Ni,Co,Pb) (< 70ppb), em que os contributos principais são de Co (22,6) e Zn (20,6ppb).

**Tabela V. 57.** Estações do Ribeiro de Santa Justa (SSJ) e no Regato de Água Levada (EST) – variação dos parâmetros físico-químicos de medição *in situ* [pH, potencial redox (Eh), temperatura (T), condutividade eléctrica (CE), oxigénio dissolvidos (OD)]; de análise laboratorial [acidez (Acid), alcalinidade total (AlcTot), sólidos suspensos totais (SST), conteúdo do anião sulfato (SO<sub>4</sub>)] (procedimentos específicos enunciados no Capítulo II). Abundância relativa de neoformações mineralógicas (NeoFor min) (LB e DRX). Composição química, valores mínimos e máximos (valor *entre parêntesis* corresponde à amostragem de **Fev. de 2007**, conteúdo dos elementos maiores Fe e Ca (ICP-EOS) e dos elementos traço [somatório de Zn,Cu,Cd,Ni,Co,Pb] ( $\Sigma$ [metais]) e As (ICP-MS).

	pH	Eh (RmV)	T (°C)	CE (μS/cm)	Acid (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	AlcTot (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	SST (mg/L)	NeoFor min	OD (mg/L)	Micro-algas	SO <sub>4</sub> (mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	[Fe] (ppm)	[Ca] (ppm)	[Si] (ppm)	$\Sigma$ [metais] (ppb)	[As] (ppb)
SSJ	6	81,1	16,6	51	-	27,2	-	++	1,57	?	1,6	3,63	3	2,4	66,5	1040
EST	4,7	671	14	15	-	3,5	-	+	5,2	-	1,2	0	0	1,6	8,4	0,48

Na estação EST, a relação entre elementos maiores é distinta da anterior: Na > Si > Mg > K > Al > 50ppb. O somatório em metais pesados (Zn,Cu,Cd,Ni,Co,Pb) é < 10 ppb, com contributo maior de Zn (7,5ppb) semelhante a Mn.

As películas sobrenadantes e a cromatização do substrato rochoso do Ribeiro de Santa Justa, com manifestações muito pontuais, são relativamente parecidas com as observadas em Valdearcas (**Figura V. 148**), não obstante, os conteúdos de Fe na água serem mais baixos cerca de duas a três ordens de grandeza.



**Figura V. 148.** Aspectos ilustrativos em campanhas distintas, de cada uma das estações de amostragem no Rio Coura. Distância contabilizada a partir da confluência do Ribeiro do Poço Negro, a cerca de 1000m da escombreira de Valdearcas. Na zona de confluência inscreve-se o Poço Negro, onde se verificam flutuações muito significativas do nível da água (até cerca de 1m).

#### V. 3.3.4. Análise comparada de dados dos sistemas Poço Negro - Coura e Santa Justa

A síntese estatística apresentada na **Figura V. 149** permite distinguir os ambientes do Ribeiro do Poço Negro e do Rio Coura, atendendo aos parâmetros: pH, temperatura da água, oxigénio dissolvido, CE, Eh, sólidos suspensos totais, alcalinidade total e acidez.

A dispersão dos dados permite reforçar o carácter semelhante da zona de confluência (C4, C4' e C6), por exemplo, no que respeita a CE e à acidez. O intervalo de valores atribuídos ao potencial redox assemelha as estações C4' e C6 nas suas características potenciadoras de especiação química. Entre a estação mais a montante (C1) e mais a jusante (C12), reconheceu-se alguma semelhança na maioria dos parâmetros em apreço.

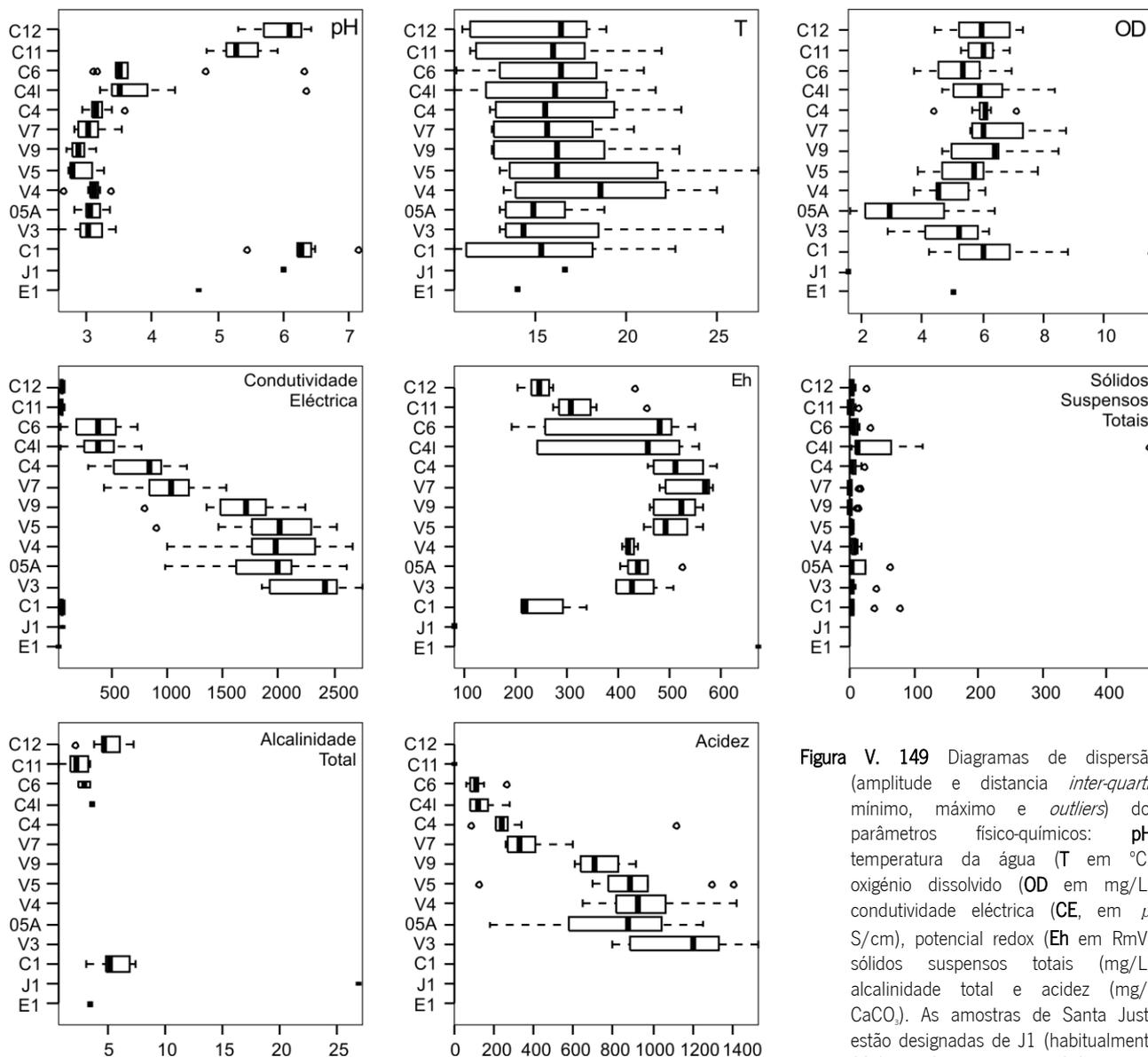


Figura V. 149 Diagramas de dispersão (amplitude e distancia *inter-quartil*, mínimo, máximo e *outliers*) dos parâmetros físico-químicos: pH, temperatura da água (T em °C), oxigénio dissolvido (OD em mg/L), condutividade eléctrica (CE, em  $\mu$  S/cm), potencial redox (Eh em RmV), sólidos suspensos totais (mg/L), alcalinidade total e acidez (mg/L CaCO<sub>3</sub>). As amostras de Santa Justa estão designadas de J1 (habitualmente SSJ) e E1 (habitualmente EST).

A variação das concentrações dos principais elementos maiores expressos no Ribeiro do Poço Negro, Rio Coura e Santa Justa pode ser comparada através da **Figura V. 150**. No Poço Negro a concentração de Fe é preponderante, reconhecendo-se uma diminuição da sua concentração em V7 e nas campanhas de Maio-Junho. No Rio Coura (na zona de confluência), o conteúdo de Fe não é tão preponderante, tal como o Al e Mn.

Nas amostras de Santa Justa, mais concretamente SSJ, o Fe, bem como os restantes elementos maiores (na amostra de água de EST não foram contabilizados conteúdos de Fe e Ca), têm uma concentração mais homogénea, com excepção do Al, radicalmente menor, tal como se verifica nas estações do Rio Coura menos afectadas pela drenagem ácida (C1, C11 e C12).

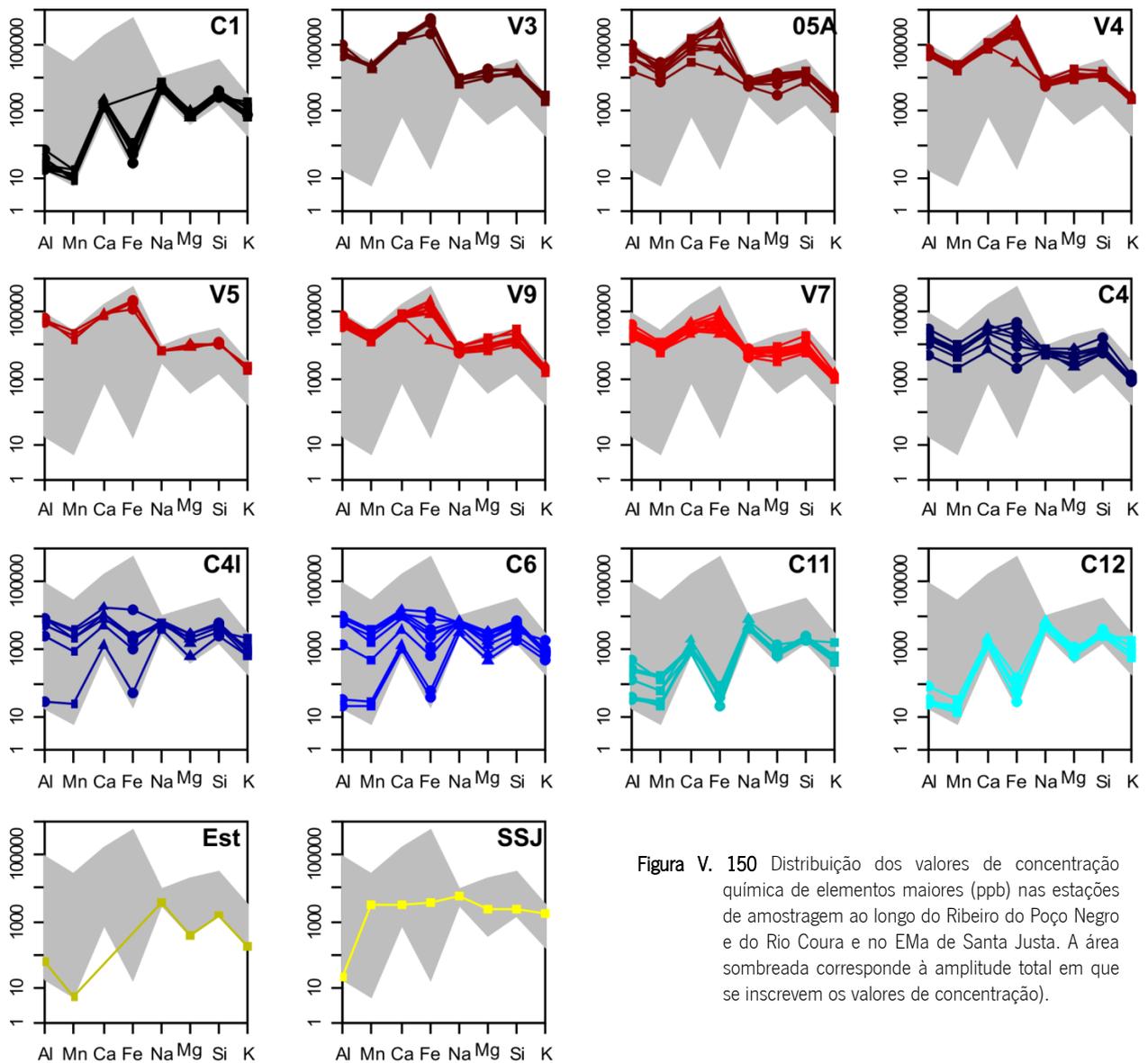


Figura V. 150 Distribuição dos valores de concentração química de elementos maiores (ppb) nas estações de amostragem ao longo do Ribeiro do Poço Negro e do Rio Coura e no EMA de Santa Justa. A área sombreada corresponde à amplitude total em que se inscrevem os valores de concentração).

A distribuição relativa das concentrações de elementos maiores no diagrama ternário da Figura V. 151 expressa a prevalência dos mais altos conteúdos em Al e Ca nas drenagens ácidas. Os restantes elementos maiores (K, Mg, Na, Si) apresentam maior concentração em drenagens sem valores de acidez e com baixos conteúdos quer em anião sulfato quer em Fe.

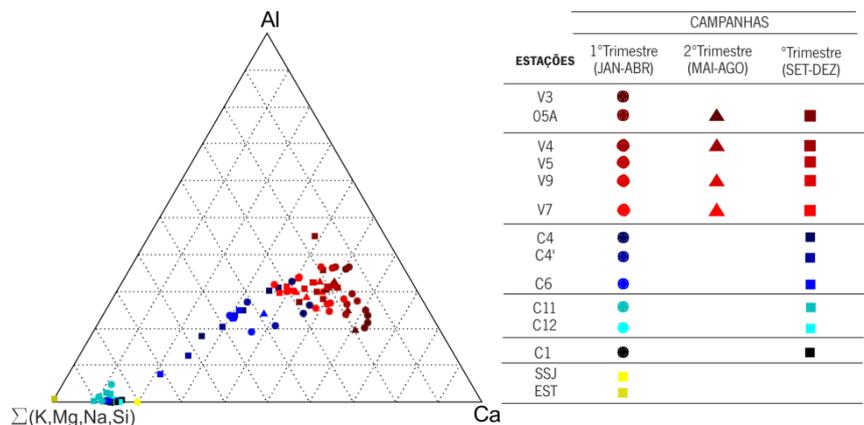
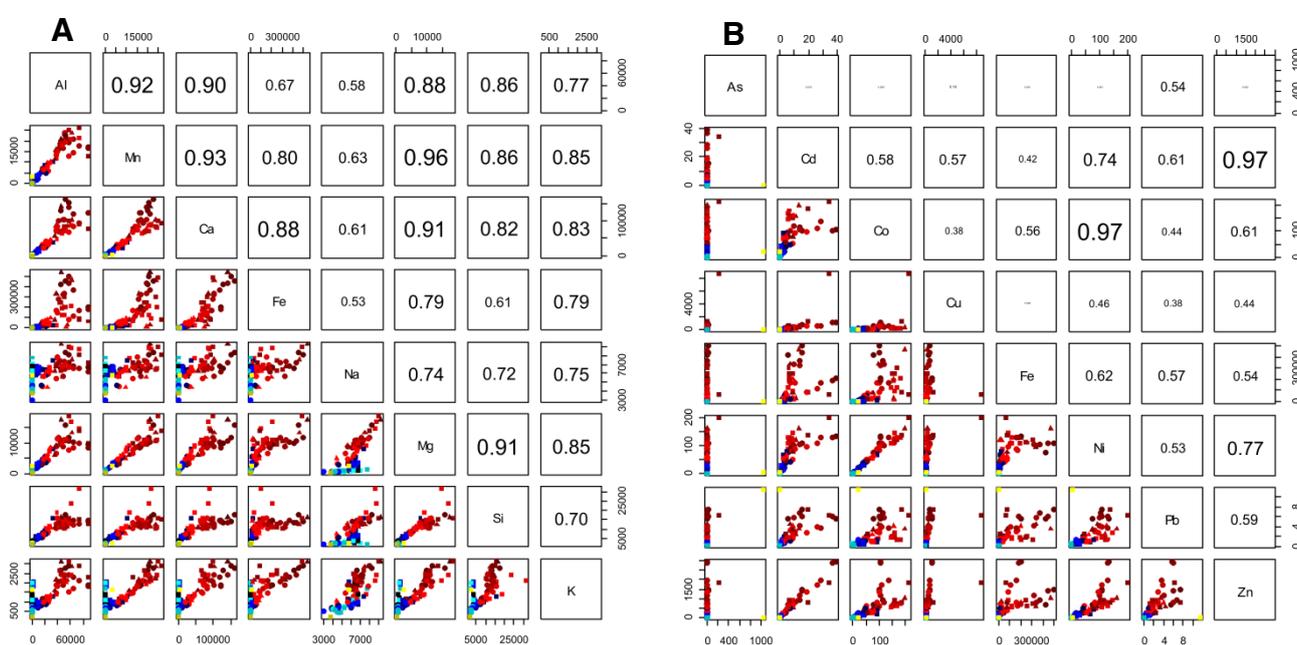


Figura V. 151 Diagrama ternário da distribuição das concentrações relativas dos elementos maiores (K, Mg, Na, Si), Al e Fe para o conjunto das amostras de água das estações do Ribeiro do Poço Negro (V3 - V7), Rio Coura (C4 - C1) e Santa Justa (SSJ e EST).

As correlações entre elementos maiores, verificadas para o total das amostras (**Figura V. 152A**), permitem considerar afinidades químicas entre os {Al, Mn, Ca e Mg}, {Ca, Fe e Mg} e {Mg e Si}. De uma maneira geral, o Na apresentou menor correlação com os restantes elementos maiores. A contribuição mineralógica para estes conteúdos químicos nas águas poderá dever-se fundamentalmente a silicatos, com possível destaque para os minerais de argila (Si, Mg, Na, K, Al, Ca, Mg, Fe, F), carbonatos (Ca, Fe) e fosfatos (Ca). Estes grupos de minerais integram a paragênese do depósito primário e estavam presentes entre as gangas da escombeira. Estes apresentaram-se como potenciais neutralizadores do meio (**Tabela V.50**, atrás).

A forte correlação entre os conteúdos de Ca e Mn na componente química maioritária das águas de fluviais menos acida, poderá estar relacionada com o quimismo do fundo regional, nomeadamente de rochas anfibólicas. Nestas formações **Dias (2012)** apresenta correlações elevadas entre Ca e Mn.



**Figura V. 152-** Matrizes de correlação das amostras de água do Ribeiro do Poço Negro, Rio Coura e Santa Justa: **A** - entre elementos maiores {Al, Mn, Ca, Fe, Na, Mg, Si, K}; **B** - conteúdo metálico (Cd, Co, Cu, Fe, Ni, Pb e Zn) e As. (Simbologia descodificada na **Figura V. 151**)

A matriz da **Figura V. 152 B** expressa a correlação entre metais associados a sulfuretos (Cd, Co, Cu, Fe, Ni, Pb e Zn) e o As. Nesta pode verificar-se uma maior afinidade entre os elementos Cd e Zn, Co e Ni. O As não se correlaciona significativamente com nenhum dos metais, verificando-se o mesmo com o Cu. Este cortejo metálico estará associado aos sulfuretos, a que se atribui generalizadamente a geração de acidez.

Na distribuição relativa de Mn,  $\sum$ (As, Cu, Zn) e Fe, ilustrada na **Figura V. 153**, os valores relativos ao Ribeiro do Poço Negro concentram-se no termo Fe, verificando-se uma maior dispersão nas águas do Rio Coura afastadas da confluência com o ribeiro, mais associadas ao termo Mn. Esta tendência sugere que o sulfureto de Fe (pirite ou pirrotite) constitui a entidade mineralógica responsável pela maior disponibilidade de Fe no meio aquoso. Os conteúdos mais altos de Mn, sobretudo nas estações mais a jusante da confluência com o Ribeiro de Poço Negro, sugerem um contributo litológico regional com granadas manganíferas, anfíbolos ferríferas, de anfíbolitos e turmalinitos que integram as formações silúricas encaixantes dos depósitos de Covas. As suas assinaturas metálicas estão discutidas em **Dias (2012)**.

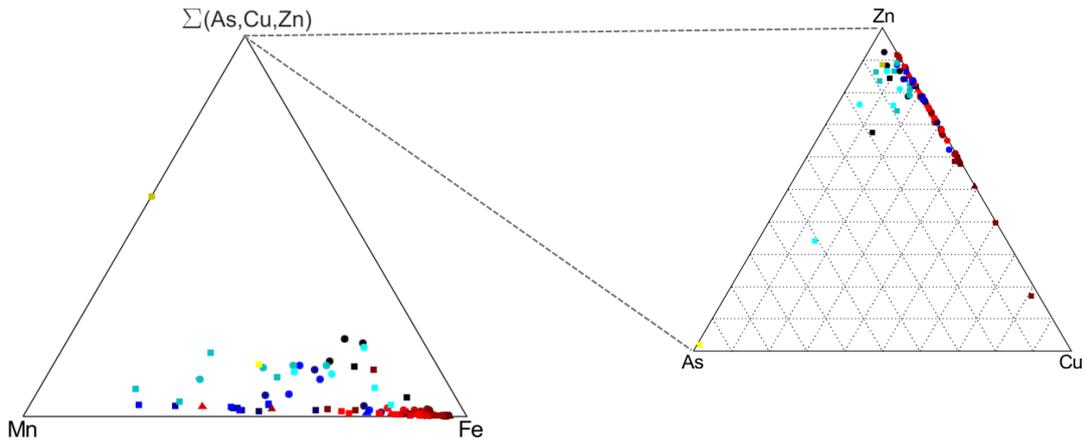


Figura V. 153. Diagrama ternário da concentração relativa de Mn, (As+Cu+Zn) e Fe para o conjunto das amostras de água das estações do Ribeiro do Poço Negro, Rio Coura e Santa Justa. Discriminação da abundância relativa para As, Cu e Fe. (Simbologia descodificada na Figura V. 151)

A variação espacial dos principais parâmetros físico-químicos e concentrações de sulfato e Fe ao longo das estações do Ribeiro do Poço Negro e do Rio Coura está ilustrada na Figura V. 154. Nesta apresentam-se ainda os respectivos diagramas de extremos e quartis, com assimetrias positivas para os parâmetros, com excepção do Eh.

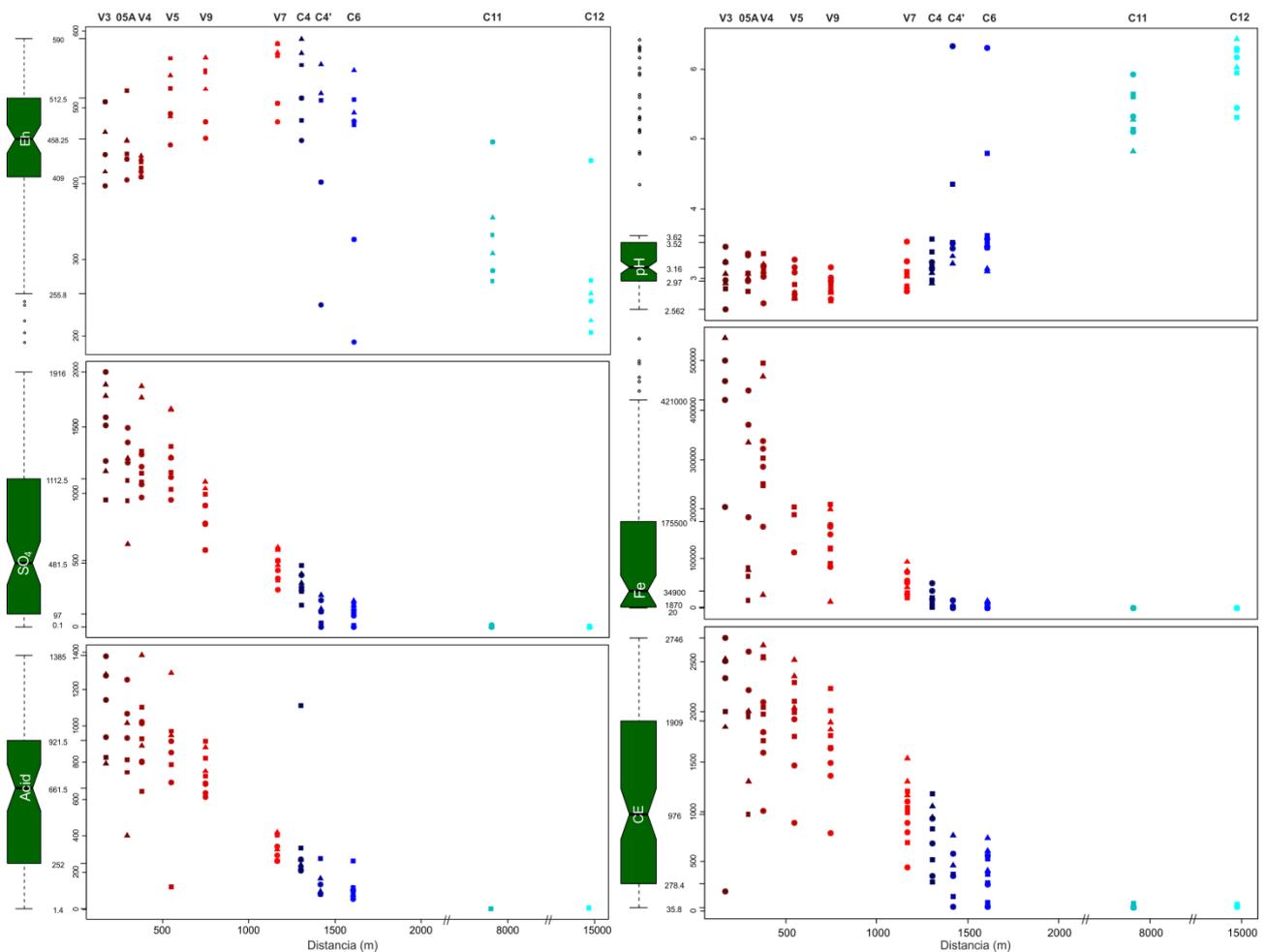


Figura V. 154. Variação espacial dos parâmetros físico-químicos: potencial redox (Eh, em RmV), [Fe] (ppb),  $[SO_4^{2-}]$  (mg/L), pH, acidez (mg/L  $CaCO_3$ ), condutividade eléctrica (CE, em  $\mu S/cm$ ). Representação para cada parâmetro da respectiva caixa de extremos e quartis, onde se incluem o valor da mediana (central), 1º e 3º quartis, máximo, mínimo, extremos e *outliers*. (Simbologia descodificada na Figura V. 151).

Em relação ao pH, os baixos valores são consentâneos nos ambientes com maior acidez, as estações em apreço reforçam o carácter mais ácido do sistema fluvial, muito embora uma amostragem mais alargada pudesse inverter a polaridade por exemplo expressa pelo diagrama do pH. Os valores de pH mais alto nas estações mais afastadas da confluência com o ribeiro são definidos como *outliers*, decorrente de uma amostragem foi mais incidente na proximidade da fonte de drenagem ácida.

As concentrações de Fe mais altas na água situam-se no troço superior do ribeiro, detectadas sobretudo no primeiro e segundo trimestre do ano, contudo os valores são muito dispersos para este período de amostragem. O mesmo comportamento é manifestado pela concentração de sulfato, todavia não expressa uma variação sazonal tão grande.

A condutividade não revela valores atípicos (*outliers*), os mais altos valores (2746 a 1900 $\mu$ S/cm) dizem respeito ao troço superior do ribeiro. A sua variação temporal foi a que apresentou maior variação em todas as estações.

Com excepção do sulfato, na generalidade das estações o conteúdo aniónico é baixo, o fluor e o cloro apresentam conteúdos baixos, mas distinguem-se no que respeita à sua dispersão nas estações e no ambiente de rio e ribeiro (Figura V.155).

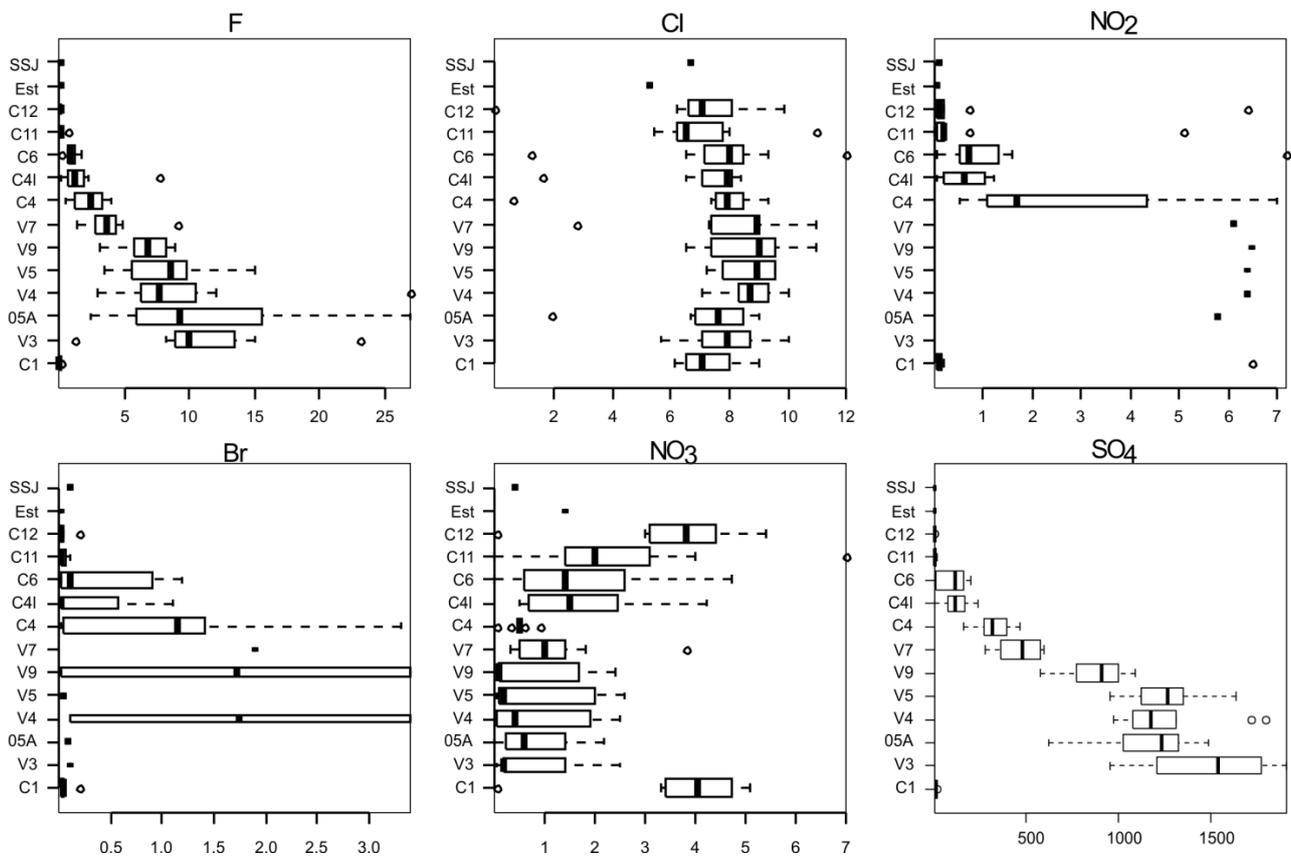
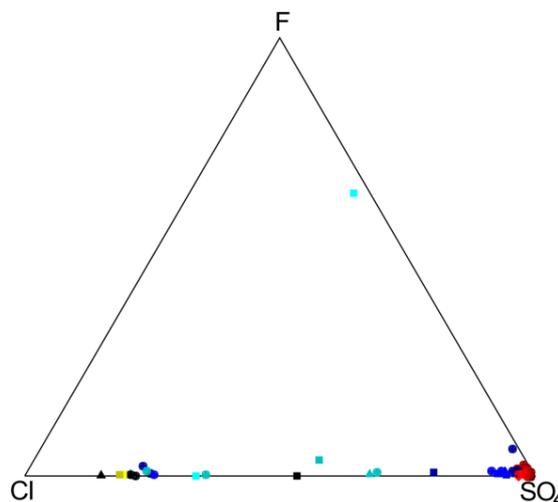


Figura V. 155. Diagramas de dispersão (mediana - localização central, amplitude *inter-quartil*, mínimo, máximo e *outliers*) da componente aniónica (mg/L): fluoreto (F), cloreto (Cl), nitrito (NO<sub>2</sub>), brometo (Br), nitrato (NO<sub>3</sub>) e sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>).

Tal como se verifica na relação ternária Cl-F-SO<sub>4</sub> (**Figura V.156**) algumas amostras do Rio Coura e dos ribeiros de Santa Justa mostram maior afinidade para o anião cloreto. A sua concentração apesar de apresentar assimetrias discrepantes entre as várias estações, o seu conteúdo tem uma amplitude inter-quartil de 6 a 9 mg/L. Pode considerar-se um contributo meteórico (concentração média na chuva no NW Ibérico é de 6,6mg/L, **Lima, 2007**).

O anião fluoreto tem menos expressão na projecção ternária, mas como pode observar-se na **Figura V. 156** algumas amostras apresentam conteúdos de fluoreto mais altos (> 15mg/L), designadamente nas estações no troço superior do Ribeiro do Poço Negro, o que poderá sugerir um incremento relacionado com a escombreira ou com litologias regionais particularmente enriquecidas neste conteúdo (por exemplo apatititos).



**Figura V. 156.** Diagrama dos componentes aniónicos Cl, F, SO<sub>4</sub>. (Simbologia descodificada na **Figura V. 151**)

Na água da chuva, o anião fluoreto apresenta concentrações inferiores a 0,05mg/L (**Lima, 2007**). Pode dizer-se que tanto as amostras das estações C12 como C1, e bem assim, as amostras de Santa Justa apresentam valores consentâneos com o contributo das águas da chuva.

O anião brometo, cuja concentração na chuva é de 9µg/L (**Lima, 2007**), apresenta nas estações V4, V9 e C4 valores que se afastam daquele contributo meteórico, com incremento nas amostras de C4, V9 e V4 (**Figura V.155**).

As concentrações de anião nitrito são contrastantes. Segundo **Lima (2010)** a estabilidade deste anião está circunscrita a ambientes com pH próximos de 7 e Eh entre 350 e 450mV. Desta forma, na generalidade das estações do Ribeiro do Poço Negro este anião não é registado (pH<<7). Nas estações do Rio Coura as concentrações são variáveis, em que o pH se apresenta entre 3 e 6,5.

Quanto ao anião nitrato, a sua presença em águas superficiais relaciona-se geralmente com a influência antrópica, nomeadamente de actividades agro-pecuárias, o que poderá justificar os conteúdos mais altos verificados na maioria das estações do Rio Coura (**Figura V.156**).

**Em suma**, o conjunto de parâmetros reconhecidos na distinção de ambientes de drenagem por **Valente (2004)**, e que se vêm abordando até aqui, designadamente: {pH, Eh, SO<sub>4</sub>, acidez, Fe, Mn, Cu, Zn, As, Ca, K, Al, Na, Si, Mg, F}, foram projectados em matrizes de correlação (**Figura V. 157**). Nestas consideraram-se separadamente as amostras obtidas no Rio Coura (**Figura V. 157- azul**) e as amostras provenientes do Ribeiro do Poço Negro (**Figura V. 157 - vermelho**).

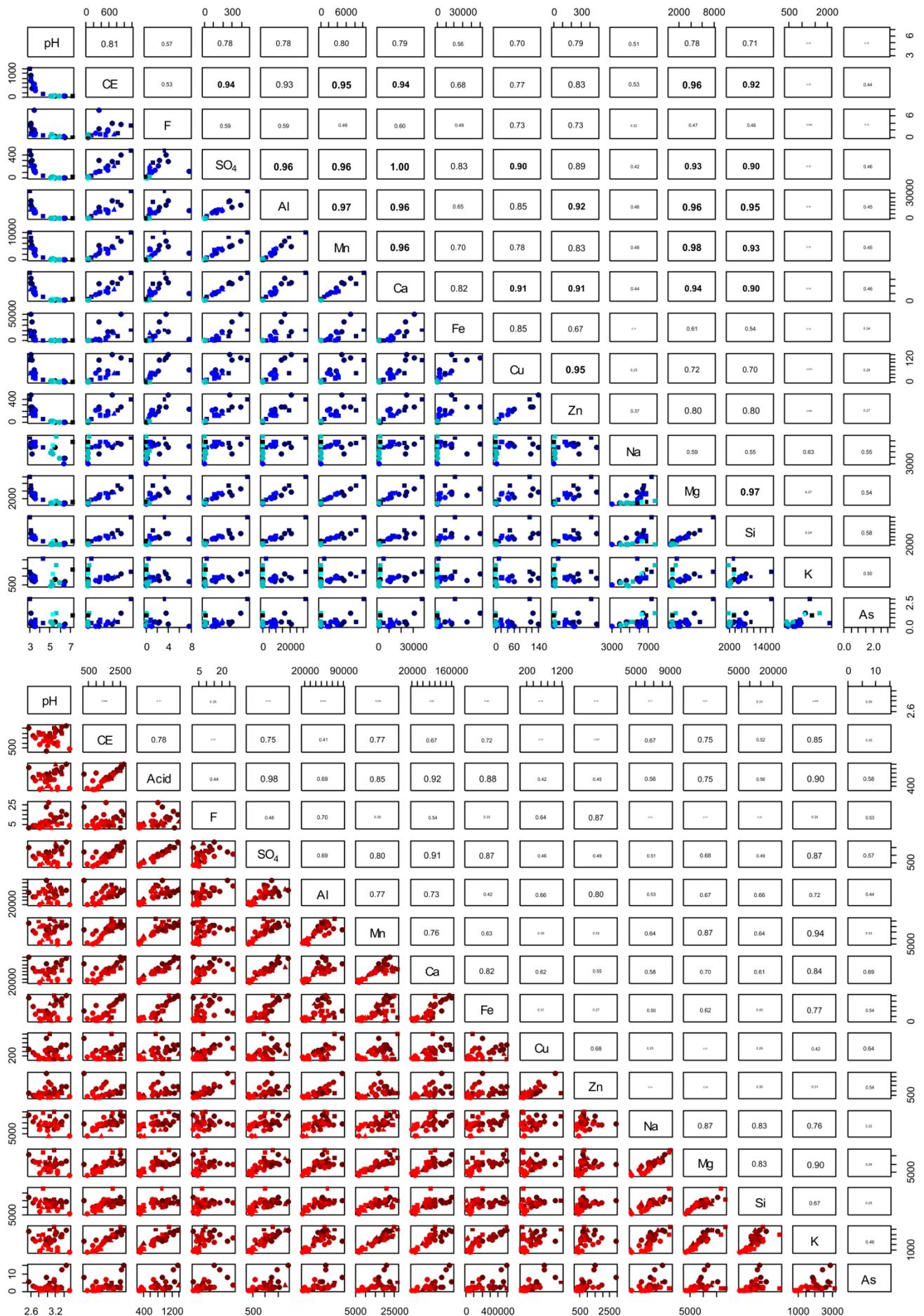


Figura V. 157. Matrizes de correlação dos valores obtidos na água do Coura (Azul) e Poço Negro (Vermelho). (Simbologia da Figura V. 151)

No Rio Coura, os valores dos parâmetros considerados exibem fortes correlações ( $r > 0,9$ ) entre:

- CE e  $\text{SO}_4$ , Mn, Ca, Mg, Si;
- $\text{SO}_4$  e Al, Mn, Ca, Cu, Mg, Si;
- Al e Mn, Ca, **Zn**, Mg, Si;
- Mn e Ca, Mg e Si;
- Ca e **Cu**, **Zn**, Mg e Si;
- Cu e **Zn**;
- Mg e Si.

Não se reconheceram correlações altas entre pH ou anião fluoreto, ou ainda Fe, Zn, Na, K e As.

No Ribeiro do Poço Negro o conteúdo hidroquímico considerado apresenta fortes correlações entre:

- Acidez e  $\text{SO}_4$ , Ca, K;
- $\text{SO}_4$  e Ca;
- Mn e K;
- Mg e K.

Reforça-se assim que, em ambientes de drenagem ácida, o conteúdo químico específico das águas inclui elementos presentes nas paragêneses do depósito, nomeadamente Ca. Todavia, os conteúdos de componente metálica na dependência dos sulfuretos, tais como Fe, Cu, Zn e As, não se correlacionam particularmente bem com os parâmetros físico-químicos enunciados na matriz (**Figura V. 157- vermelho**).

No ambiente do Rio Coura a projecção é dominada pela amplitude de concentrações da zona de confluência, pelo que a apreciação não pode ser generalizada a todo o sistema fluvial, tal como se referiu no comentário aos valores de pH expressos na **Figura V. 154**. Pode assim atender-se que na zona de confluência (fundamentalmente expressa pela **Figura V. 157- azul**) há uma maior correlação entre os parâmetros físico-químicos e a componente química de litologias regionais, depósito de Covas e, bem assim, de produtos neoformados, de alteração supergênica que mostram maior interface mineral-água promovida pelas características hidrodinâmicas da zona de confluência, maximizadas pelas descargas da mini-hídrica a montante.

A carga de suspensões coloidais, produtos floculados, deposições de argila e gipsite podem representar incrementos químicos que se correlacionam melhor entre si (**Figura V. 157- azul**), que nas zonas inclusivamente de maior incremento (**Figura V. 157- vermelho**).

Além destes indicadores físico-químicos e da composição específica das águas propostos por **Valente (2004)**, foram ainda atendidos neste estudo os elementos de Terras Raras (TR). Este grupo de metais apresenta conteúdos significativos e contrastantes entre estações mediante a influência da drenagem mineira, justificando por isso menção particular.

Tal como se apresentou para o estudo das escorrências superficiais, as TR têm vindo a ser abordadas em estudos dedicadas a drenagem ácida de mina (**Zhanga et al. 1998; Johannesson, 2005; Wood et al. 2005; Ferreira da Silva, et al. 2009**).

Na caracterização litológica apresentada atrás, no sub-capítulo V.3.1.1, relativa ao depósito de Covas e formações encaixantes, referem-se assinaturas em TR, Y, Hf (em rochas filíticas e quartzofílicas com turmalina, apatite e zircão). Estes suportes litológicos e minerais são aqui tomados como possíveis fontes em TR, dada a extensão dos terrenos que representam e sua relação com o depósito e as massas exploradas.

### V. 3.3.5. Elementos Terras Raras e a drenagem ácida de mina

Procura-se através do estudo da componente química de TR reforçar a distinção de ambientes de drenagem ácida, descritos em Valente (2004) e corroborados no presente estudo, para o sistema fluvial Poço Negro – Coura, com o maior foco de impacte ambiental localizado no EMA de Valdarcas.

Ao longo deste sistema regista-se uma variação dos conteúdos totais de TR (194 a 28,5ppb), equiparável à variação dos parâmetros acidez, CE e concentração de SO<sub>4</sub> (Figura V.154, atrás). Nas estações a montante da influência da drenagem ácida (C1) os valores de TR são mais baixos (cerca de três ordens de grandeza), bem como, nas estações mais a jusante no Rio Coura (C11 e C12) (Figura V. 158).

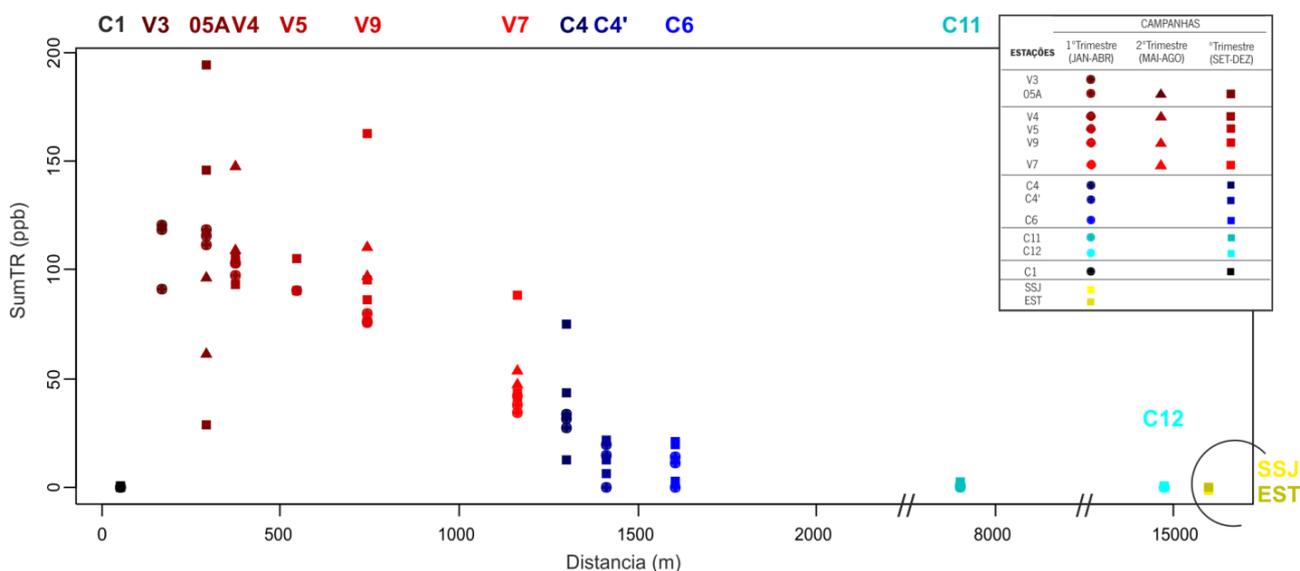


Figura V. 158. Dispersão espacial dos conteúdos totais de elementos TR (sumTR, em ppb) em amostras de água ao longo do Ribeiro do Poço Negro (V3-V7), Rio Coura (C1-C12) no período entre 2008-2011. Projecção do conteúdo relativo a Santa Justa (amostras SSJ e EST).

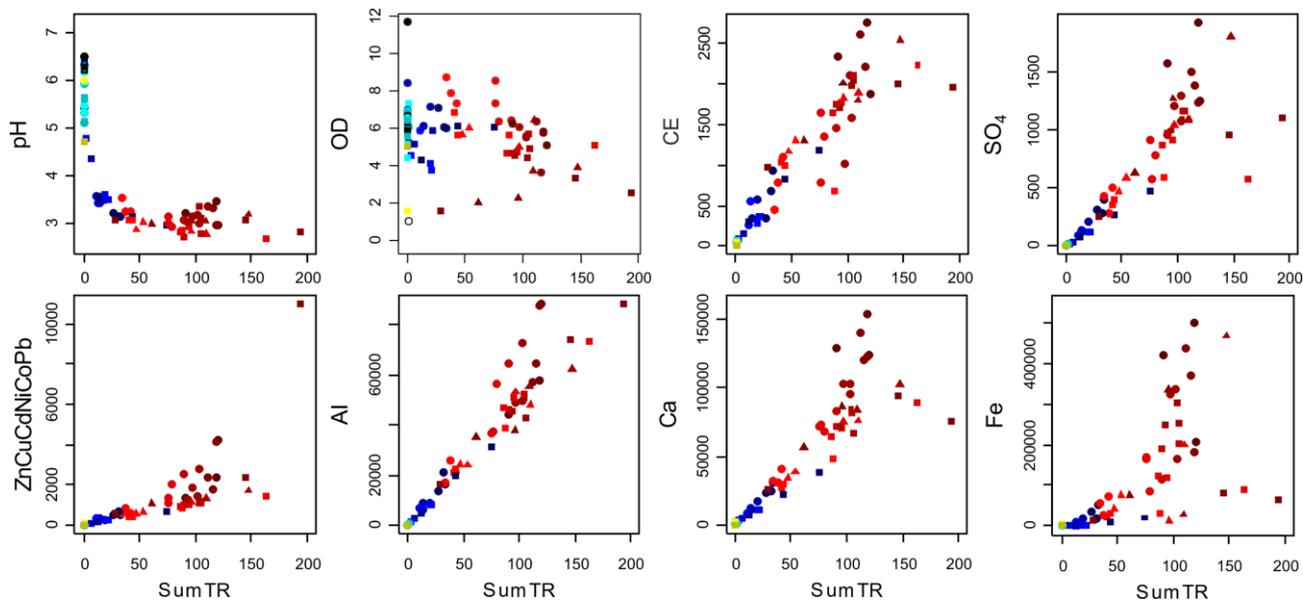
Para valores de pH mais baixos, associam-se concentrações mais altas de TR. Respectivamente nas amostras de V302/07 e 05A10/10, com valores de pH de 2,56 e 2,82 os conteúdos em TR foram de 162 e 194ppb. Estas observações são concordantes com estudos recentes dedicados à mobilidade das TR em águas de drenagem ácida, os quais referem maior mobilidade destes conteúdos em águas ácidas relativamente a águas neutras a alcalinas. Ferreira da Silva, *et al.* (2009), referem conteúdos de TR máximos na drenagem ácida resultante da mina do Lousal de 2870ppb.

Assim, as TR podem ser entendidas como indicadores de processos de geração de acidez no meio – permitindo identificar fontes, e o alcance ou dispersão do impacte causado pela drenagem ácida. Alguns trabalhos têm vindo a ser desenvolvidos nesse sentido, tais como: *Zhanga et al. 1998; Johannesson, 2005; Wood et al. 2005*)

A mobilidade de TRL em meio aquoso parece favorecida pelo baixo pH, sendo assim mais abundante nas estações do troço superior do Ribeiro do Poço Negro, onde se verificam condições de  $\text{pH} < 3,5$ . A sua precipitação poderá ocorrer em condições de  $\text{pH} = 5$  (ambiente de neutralização, com significativa redução de TR), possivelmente via adsorção em oxi-hidroxidos de Mn, sob a forma de suspensões ou colóides. Nas águas correspondentes às estações C6 e C4' verificaram-se conteúdos de Mn mais baixos, diminuindo também aqui substancialmente o conteúdo em TRL (*Tabela V. 58*).

O elemento TRL com maior representatividade e variação ao longo do sistema em apreço é o Ce. A sua concentração situa-se entre 93 e 13,8ppb para o Ribeiro do Poço Negro e para ambientes sem influência directa da drenagem ácida é de 0,07ppb.

Relativamente ao conjunto de TR, observam-se boas correlações positivas com o Al, Ca e  $\text{SO}_4$ . Podem verificar-se duas tendências de correlação positiva entre Fe e TR, distinguindo-se pelo período de amostragem – para valores mais altos de Fe (campanhas de Setembro e Maio) e para valores mais baixos (campanhas de Setembro) (*Figura V. 159*).



**Figura V. 159.** Co-variação do somatório de elementos de TR (sumTR, em ppb) e dos parâmetros físico-químicos: pH; oxigénio dissolvido (OD, em mg/L); condutividade eléctrica (CE, em  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ); concentração em anião sulfato ( $\text{mg}/\text{L SO}_4^{2-}$ ); em metais pesados (somatório de Zn, Cu, Cd, Ni, Co, Pb); Al, Ca e Fe (ppb). (Simbologia descodificada na *Figura V. 158*)

**Tabela V. 58.** Conteúdos em elementos terras raras na água e respectivos valores de pH obtidos nas estações do Ribeiro do Poço Negro, Rio Coura, Ribeiro de Santa Justa (SSJ) e Regato de Água Levada (EST). Somatório de TR (SumTR); somatório TR leves (TRL); somatório TR intermédios (TRM); somatório TR pesados (TRP); anomalia em Eu (Eu/Eu\*); anomalia de Ce (Ce/Ce\*), índices obtidos segundo os cálculos apresentados na **Tabela II.8 (Capítulo II)**. Valores de precipitação média mensal (mm) e Temperatura (°C) para cada uma das campanhas (**INAG, 2011**).

Fevereiro - Março																
1,9mm	pH	SumTR	TRL	TRM	TRP	Eu/Eu*	Ce/Ce*									
V30311	3,23	91,34	64,45	19,00	7,89	1,53	2,27									
<b>05A0311</b>	3,34	115,70	77,52	25,41	12,77	1,70	2,12									
V40311	3,19	102,81	68,96	22,24	11,61	1,77	2,16									
V90311	3,16	76,69	50,47	17,02	9,20	1,76	2,09									
V70311	3,25	42,29	27,28	9,63	5,39	1,77	2,02									
C10311	5,44	0,18	0,11	0,05	0,02	1,27	1,17									
C40311	3,14	33,64	21,19	7,93	4,52	1,83	1,97									
C410311	3,50	19,92	12,26	4,85	2,82	1,80	1,78									
C60311	3,45	13,79	8,64	3,28	1,87	1,64	1,77									
C110311	5,10	0,39	0,24	0,10	0,05	1,19	1,23									
C120311	5,45	0,13	0,07	0,04	0,02	0,81	1,33									
6mm (10°C)	3mm	pH	SumTR	TRL	TRM	TRP	Eu/Eu*	Ce/Ce*	0mm	pH	SumTR	TRL	TRM	TRP	Eu/Eu*	Ce/Ce*
V30310	3,46	118,26	80,74	26,46	11,06	1,41	2,11		<b>05A1010</b>	2,82	194,06	121,15	50,45	22,46	1,51	1,82
<b>05A0310</b>	3,36	111,74	75,53	25,32	10,89	1,47	2,08		V41010	3,10	105,83	68,12	23,41	14,30	1,93	2,13
V40310	3,17	97,37	64,79	21,85	10,73	1,60	2,10		V91010	2,68	162,83	103,35	38,52	20,96	1,79	1,81
V90310	3,01	76,02	49,12	17,73	9,17	1,70	1,96		V71010	2,89	88,20	54,44	21,67	12,09	1,77	1,73
V70310	3,53	34,26	21,39	8,29	4,59	1,66	1,90		C11010	6,42	0,72	0,49	0,16	0,06	0,95	1,69
C10310	6,49	0,25	0,16	0,06	0,03	1,12	0,75		C41010	2,98	74,88	45,62	18,53	10,73	1,83	1,68
C40310	3,23	27,01	16,47	6,69	3,85	1,69	1,84		C411010	4,36	6,36	4,04	1,46	0,86	1,57	1,61
C410310	6,33	0,23	0,10	0,05	0,08	1,05	1,23		C61010	4,79	3,02	1,95	0,68	0,39	1,59	1,52
C60310	6,30	0,14	0,08	0,04	0,02	1,51	1,42		C111010	5,60	0,43	0,25	0,12	0,06	1,16	1,40
C110310	5,92	0,19	0,10	0,06	0,03	1,11	1,24		C121010	6,27	0,66	0,44	0,15	0,06	1,01	1,73
C120310	6,17	0,15	0,08	0,05	0,02	0,60	1,18									

<1mm	4mm (18°C)	pH	SumTR	TRL	TRM	TRP	Eu/Eu*	Ce/Ce*	0mm (21°C)	pH	SumTR	TRL	TRM	TRP	Eu/Eu*	Ce/Ce*
V30209	2,98	120,42	79,85	28,55	11,92	1,46	2,01		<b>05A0909</b>	3,07	145,78	85,15	37,87	22,76	1,93	2,06
<b>05A0209</b>	2,97	118,27	78,34	28,09	11,84	1,47	1,98		V40909	3,36	103,77	63,08	25,14	15,55	1,89	2,03
V40209	3,03	103,21	65,30	24,64	13,27	1,68	2,03		V50909	2,79	104,91	63,61	25,28	16,02	1,86	2,05
V50209	3,09	90,44	58,28	21,30	10,86	1,64	1,98		V90909	2,94	94,98	57,38	23,71	13,89	1,82	1,90
V90209	2,96	79,71	50,21	19,38	10,12	1,65	1,92		V70909	3,10	41,09	24,17	10,72	6,21	1,77	1,76
V70209	3,25	37,85	23,62	9,28	4,95	1,65	1,87		C10909	6,22	0,17	0,10	0,05	0,02	1,29	1,41
C10209	6,28	0,11	0,06	0,03	0,01	0,50	1,27		C40909	3,17	43,22	24,40	11,63	7,20	1,83	1,64
C40209	3,15	31,78	19,44	7,95	4,39	1,70	1,82		C410909	3,52	21,88	12,18	6,04	3,66	1,75	1,41
C410209	3,43	14,49	8,71	3,71	2,08	1,64	1,72		C60909	3,51	20,71	11,60	5,70	3,42	1,73	1,41
C60209	3,57	11,19	6,84	2,78	1,58	1,65	1,70		C110909	5,13	0,54	0,32	0,13	0,08	1,58	1,35
C110209	5,32	0,95	0,60	0,23	0,12	1,33	1,31		C120909	5,95	0,18	0,10	0,05	0,02	0,60	1,07
C120209	6,29	0,15	0,09	0,04	0,02	0,64	1,42									

10mm	pH	SumTR	TRL	TRM	TRP	Eu/Eu*	Ce/Ce*
SSJ	6,00	0,18	0,12	0,05	0,02	0,66	1,11
EST	4,72	0,30	0,17	0,10	0,04	1,29	0,92

2,7mm (17°C)	pH	SumTR	TRL	TRM	TRP	Eu/Eu*	Ce/Ce*
<b>05A0908</b>	3,08	28,56	18,34	6,84	3,38	1,53	1,77
V40908	3,06	93,08	57,11	22,19	13,78	1,86	2,07
V50908	2,74	90,20	55,24	21,44	13,52	1,90	2,05
V90908	2,83	86,17	52,19	21,06	12,92	1,82	1,94
V70908	3,10	43,48	25,99	11,00	6,49	1,76	1,82
C10908	6,27	0,19	0,11	0,05	0,02	1,12	1,36
C40908	3,57	12,32	7,15	3,19	1,98	1,75	1,57
C410908		12,91	7,33	3,46	2,13	1,77	1,51
C60908	3,62	19,89	11,58	5,16	3,15	1,66	1,56
C110908	5,64	0,14	0,07	0,05	0,02	0,60	1,33
C120908	5,31	0,18	0,11	0,05	0,02	1,11	1,17

Os valores de TRM e TRP são inferiores aos de TRL, contrariando a tendência verificada por outros Autores para ambientes de drenagem ácida (Zhang *et al.* 1998; Ferreira da Silva, *et al.* 2009). Encontrou-se a seguinte variação dos conteúdos de TRM: 25 a 9ppb no ribeiro e 0,15 a 0,02 nas estações mais afastadas da confluência. A concentração de TRP é menor e a variação dos seus conteúdos é de: 22 a 4ppb no ribeiro e 0,06 a 0,02ppb afastadas da confluência. Tal como se discutiu para as TRL, também estas concentrações são mais altas no troço superior do ribeiro, onde o pH varia de 2,68 a 3,20.

Ao longo do sistema fluvial parece ocorrer uma precipitação selectiva de TRM e TRP, especialmente em estações com mais pronunciada neutralização, como as de C4 - C4' - C6, que correspondem a uma zona com diminuição considerável naqueles conteúdos na água. Estes poderão estar a precipitar sob a forma de oxi-hidroxidos de Fe, incluídos nos sedimentos de leito. No presente estudo não se procedeu à análise química de TR nos sedimentos, o que seria necessário para a confirmação da hipótese de precipitação de TR naqueles locais.

Por sua vez Ferreira da Silva *et al.* (2008) referem que na proximidade de eflorescências de sulfatos ocorre uma fraccionamento selectiva de TRP para oxi-hidroxidos de Mg e Al, com a sua depleção do meio aquoso. Este fenómeno poderá explicar uma concentração inferior de TRP no meio aquoso em relação às restantes (Tabela V. 58). Em observações de campo, nas estações do troço superior do ribeiro, como 05A ou V4, registou-se a ocorrência de rozenite ( $\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) e alunogénio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 17\text{H}_2\text{O}$ ) sob a forma de eflorescências, pouco persistentes.

Altas concentrações de anião sulfato também têm sido correlacionadas com conteúdos elevados de TR (por exemplo em Ferreira da Silva, *et al.* 2009), este anião tem um papel complexante específico. No Ribeiro do Poço Negro, os conteúdos de anião sulfato são elevados, variando entre 1916 e 886mg/L (V303/10 e V702/09) e correlacionam-se bem com a variação das TR (Figura V. 159).

Um outro factor que interfere na concentração de TR diz respeito ao regime de precipitação, nos períodos mais pluviosos é promovida a diluição. Como exemplo desta influência pode verificar-se que em V7 os valores totais obtidos de TR correspondem a 34,3 e 88,2ppb, respectivamente nas campanhas realizadas em Março e Outubro de 2010 a primeira precedida de um período com precipitação diária alta (25-30mm) e a segunda com baixa precipitação (1-2mm) (INAG, 2011). Esta tendência corrobora o efeito de diluição de TR sob influência da precipitação (Tabela V. 58).

Para as estações do Rio Coura, a flutuação sazonal não é tão susceptível ao efeito de diluição. Sobrepõem-se à influência da pluviosidade os ciclos de descarga e retenção de água na albufeira de Covas, promovidos pela central hidroeléctrica a montante de C4. Estas condições influenciam principalmente as estações de C4' e C6, bem ilustradas pelas campanhas de Março de 2010 e Outubro de 2010, em que ocorre uma diluição dos conteúdos TR, promovidos pelo elevado caudal descarregado (Figura V.139, atrás).

Em C4 os valores de TR são, de uma maneira geral, mais semelhantes aos obtidos nas estações do Ribeiro do Poço Negro, uma vez que o local de amostragem se situa na margem de inundação do Rio Coura, mais recuado do canal principal do rio, sendo alimentado pelo próprio ribeiro.

Pela observação da **Tabela V. 58** reconhecem-se tendências hidroquímicas, contrastantes entre as estações:

**Estação 05A** - distingue-se das demais no troço superior do ribeiro por apresentar uma grande amplitude de valores de TR, mais altos que as restantes estações (nas campanhas 03/11, 03/10, 10/10 e 09/09) e mais baixos (nas campanhas 09/08, 06/09, 06/10);

**Estações (V3) V4, V5 e V9** - apresentam entre si uma diminuição gradual das concentrações em TR (excepto na campanha de 10/10). Os conteúdos mais altos correspondem às campanhas de Maio-Junho, os conteúdos mais baixos às campanhas de Setembro-Outubro;

**Estação V7** - distingue-se pelos conteúdos mais baixos em TR no ribeiro, similares aos evidenciados em C4;

**Estações C4' e C6** - muito influenciadas pelas flutuações de caudal impostas pela mini-hídrica, apresentam conteúdos mais baixos de TR que no ribeiro;

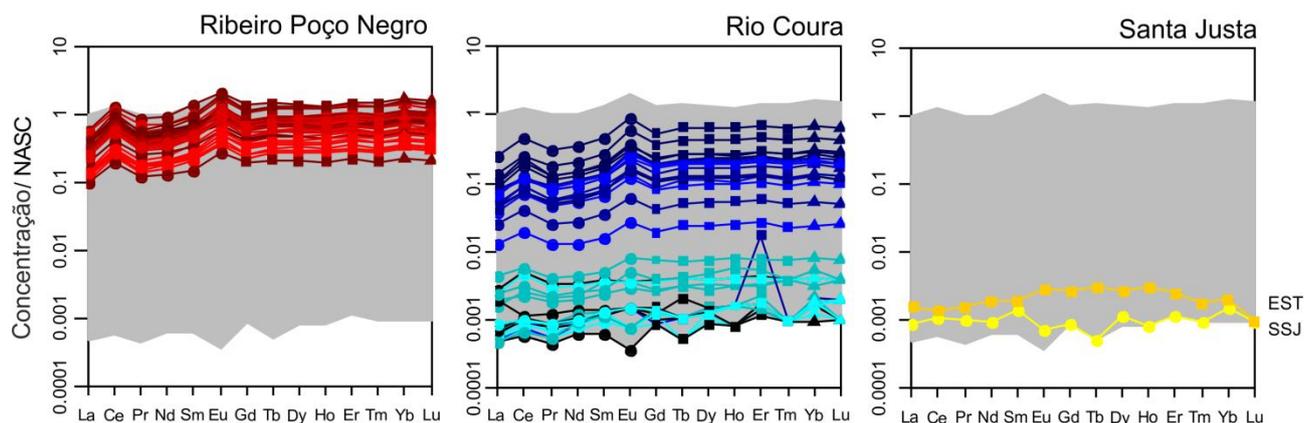
**Estação C11** - apresenta conteúdos muito baixos de TR (<1ppb);

**Estações C1 e C12** - apresentam conteúdos < 0,25ppb, tal como se verifica para a água amostrada em Santa Justa (SSJ e EST).

A campanha de amostragem de 09/08 destaca-se pelo acréscimo de conteúdos de TR ao longo de C4-C4'-C6. Este fenómeno pode justificar-se pelos baixos caudais descarregados pela central hidroeléctrica (**Figura V.139**, atrás), que promovem uma capacidade de concentração maior a jusante, apesar de, ao longo destas estações, a tendência ser de diminuição do conteúdo em TR.

Para a compreensão de mecanismos de fraccionamento de TR nas águas, procedeu-se à normalização ao NASC (*North American Shale Composite*), obtidos de **Gromet et al. (1984)**, em concordância com estudos em TR para ambientes de drenagem ácida (**Ferreira da Silva et al. 2008; López-González et al., 2011**) e para as litologias regionais (**Dias, 2012**).

Nos padrões de TR normalizados ao NASC (**Figura V. 160**), verificou-se um leve enriquecimento em TRM relativamente a TRL e TRP. Padrões idênticos foram referidos em águas ácidas onde o SO<sub>4</sub> é o anião dominante (**Ferreira da Silva, et al. 2009**).



**Figura V. 160.** Espectro de variação dos elementos TR das amostras de água das estações do Ribeiro do Poço Negro, Rio Coura e Ribeiro de Santa Justa (SSJ) e Regato de Água Levada (EST) normalizados à composição do NASC (North American Shale Composite) de **Gromet *et al.* (1984)**. (Simbologia descodificada na **Figura V. 151**)

As várias concentrações normalizadas apresentam perfis paralelos entre si, com diminuição gradual dos conteúdos de TR totais, e são sub-paralelos ao NASC (ligeiro empobrecimento em TRL, relativamente a TRP). Relativamente a esta referência apresentam anomalias positivas em Ce e Eu (**Figura V.160**). Estas anomalias são menos pronunciadas, a inexistentes nas amostras do Rio Coura mais afastadas e a jusante da confluência, designadamente C11 e C12. As amostras a montante, na estação C1 apresentam menor paralelismo ao NASC, com enriquecimento variados em TRP e anomalia negativa em Eu. Estes perfis são mais semelhantes na amostra SSJ, de Santa Justa. A amostra EST, relativamente ao NASC tem perfil sub-paralelo, com enriquecimento mais pronunciado em TRM que nas restantes TR.

Segundo a **Figura V. 160**, é possível reconhecer as seguintes variações do padrão TR:

TRL<TRM=TRP, anomalias positivas pronunciadas em Ce e Eu, pH<3,5 e alta concentração de SO<sub>4</sub>

TRL=TRM=TRP, anomalias fracas em Ce e Eu, pH > 5 e baixa concentração de SO<sub>4</sub>

TRL>TRM<TRP, pH>6 e muito baixa concentração de SO<sub>4</sub>

Foram calculadas as anomalias em Ce (Ce/Ce\*) segundo a fórmula de cálculo apresentada na **Tabela II.8 (Capítulo II)**, tendo-se verificado que estas são próximas e superiores a 2 na maioria das amostras de água (**Tabela V. 58**). Estas são mais altas nos ambientes com drenagem ácida e diminuem ao longo do ribeiro e Rio Coura até aproximadamente 1,18 (Ce/Ce\*).

**Ferreira da Silva *et al.*, (2008)** referem a incorporação preferencial do Ce em oxi-hidróxidos de Fe, em ambientes com baixos valores de pH. Precipitados desta natureza foram reconhecidos ao longo do ribeiro e na confluência com o Rio Coura, tanto sob a forma de suspensões na coluna de água, como de películas sobrenadantes neoformadas e ainda crustificações, neste caso incluindo hidróxi-sulfatos e sulfatos de Fe e de Al, estes podem representar substratos fixadores de Ce, justificando a sua diminuição ao longo do ribeiro.

Foram ainda calculadas as anomalias em Eu ( $Eu^*$ ) (formula de cálculo apresentada na Tabela 2.8, no Capítulo II). Apenas se reconheceram anomalias negativas nas estações afastadas da influência de drenagem ácida mineira: C1,  $Eu^*=0,49$  e C12,  $Eu^*=0,59$  (Tabela V. 58). Em Ferreira da Silva *et al.* (2008) apresentam-se para águas de drenagem ácida altos conteúdos de TRM e anomalias negativas de Eu (0,55 a 0,75), os Autores para estas condições sugerem fontes litológicas do tipo vulcanogénicas félsicas. Neste estudo, apenas a amostra de Santa Justa (EST) apresenta anomalias em  $Eu^*$  de 0,8, e conteúdos em TRM muito baixos, estando na dependência de escombrelas com paragénese de quartzo, sulfuretos e apatite e ainda encaixantes metassedimentares e graníticos.

Os mesmos Autores referem que altos conteúdos em TRM e anomalias positivas de Eu (1,46 a 1,95) reflectem um padrão litológico marcado pela alteração da plagioclase, devendo-se a esta o enriquecimento em Eu. Os valores apresentados para o sistema fluvial Poço Negro – Coura incluem valores elevados de TRM, na ordem dos 50,5ppb a 28,7ppb, e anomalias de Eu de 1,3, podendo considerar-se a fonte de enriquecimento sugerida.

Foram analisadas as relações La/Gd e La/Yb. Os quocientes iguais à unidade sugerem a não fraccionação das TR. Neste estudo apenas se verificou uma amostra de água - Estação C1, campanha 03/10 com os quocientes  $>1$ . As projecções dos quocientes em função do pH (Figura V. 161) sugerem a existência de dois grupos com comportamento distinto no que se refere à fraccionação – ambiente de drenagem ácida e de neutralização.

Apenas nas amostras de água C103/10 e EST se verifica  $La/Yb > La/Gd$ , sugerindo naquelas condições baixos índices de fraccionação. Na generalidade das restantes amostras, pode verificar-se uma fraccionação preferencial das TRL em relação a TRM.

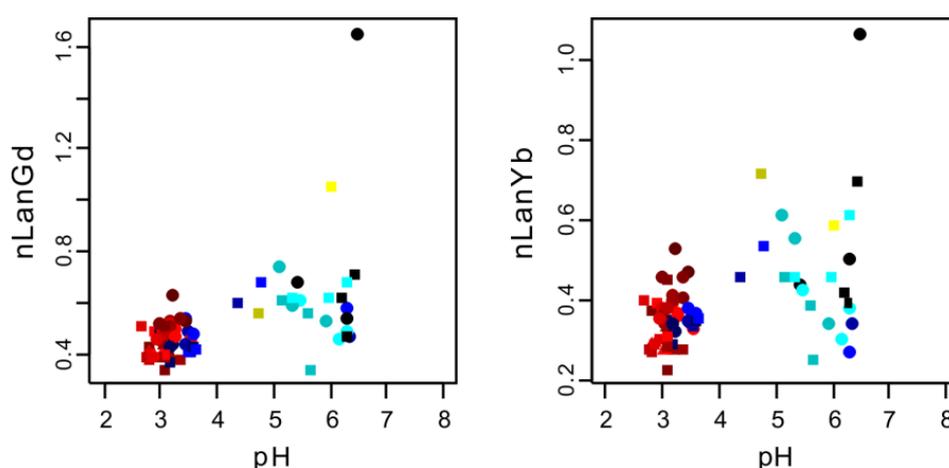


Figura V. 161. Co-variação dos quocientes La/Gd e La/Yb e pH, para as amostras de água do Ribeiro do Poço Negro, Rio Coura e Santa Justa (SSJ e EST). (Simbologia descodificada na Figura V. 151).

Como se viu, a fraccionação dos elementos TR na água de drenagem é influenciada pelo pH, ilustrada pela variação espacial desde o troço superior do ribeiro até à zona de confluência no rio. A variação nos conteúdos em TR pode ainda explicar-se:

- 1) pela introdução de água (sem influencia da drenagem ácida) - factor de diluição;
- 2) pelas variações geoquímicas do sedimento ou substratos neogénicos - mecanismos de interacção mineral - água;
- 3) pelo elevado conteúdo de fosfatos na escombreira (**RTR, 1984 - ANEXO V**) disponibilizando maiores concentrações no troço superior;
- 4) quimismo litológico com mineralizações específicas, por exemplo, paragénese com assinaturas que incluem TR, Y, Hf (presentes em fosfatos e óxidos, como apatite e zircão) promotoras de um incremento químico no ambiente aquoso.

Para rochas filíticas e quartzofílicas com turmalina e apatite (na Costa da Ventosa, depósito afim ao de Valdarças e na sua continuidade) **Dias (2012)** apresenta valores de TR totais de 65.7ppm a 748.4ppm. A Autora refere o enriquecimento de TRL nestas litologias e fraccionação das TRL em relação às TRP (La/Yb varia entre 1,87 e 20,53). Para concentrações de Y refere 6 a 168 ppm nas rochas mais ricas em apatite (ou apatititos) e Hf >7 até 123ppm em filitos com turmalina e apatite.

Neste estudo, os coeficientes de correlação obtidos entre TRL e Y foram elevados ( $r > 0,9$ ) o que pode ser indicador da fonte mineralógica (apatite) disponibilizada pelas litologias que integram as formações silúricas.

A matriz de correlação dos parâmetros descritores considerados mais pertinentes na apreciação ambiental do sistema Poço Negro - Coura (**Figura V. 162**) inclui: pH, CE, SO<sub>4</sub>, Ca, Fe, Zn, As e os conteúdos somados e parcelares de TR.

Nesta matriz foi possível identificar fortes correlações ( $r > 0,90$ ) entre:

- 1) CE e SO<sub>4</sub>, Ca, SumTR, TRL;
- 2) Ca e SumTR, TRL.

Estas correlações por um lado apoiam o carácter das TR indicadoras/concomitantes à instabilização do sistema - drenagem sulfatada e com elevado CE e, e por outro lado acompanham a o contributo litológico de carácter neutralizador (Ca), importante na estabilização do sistema.

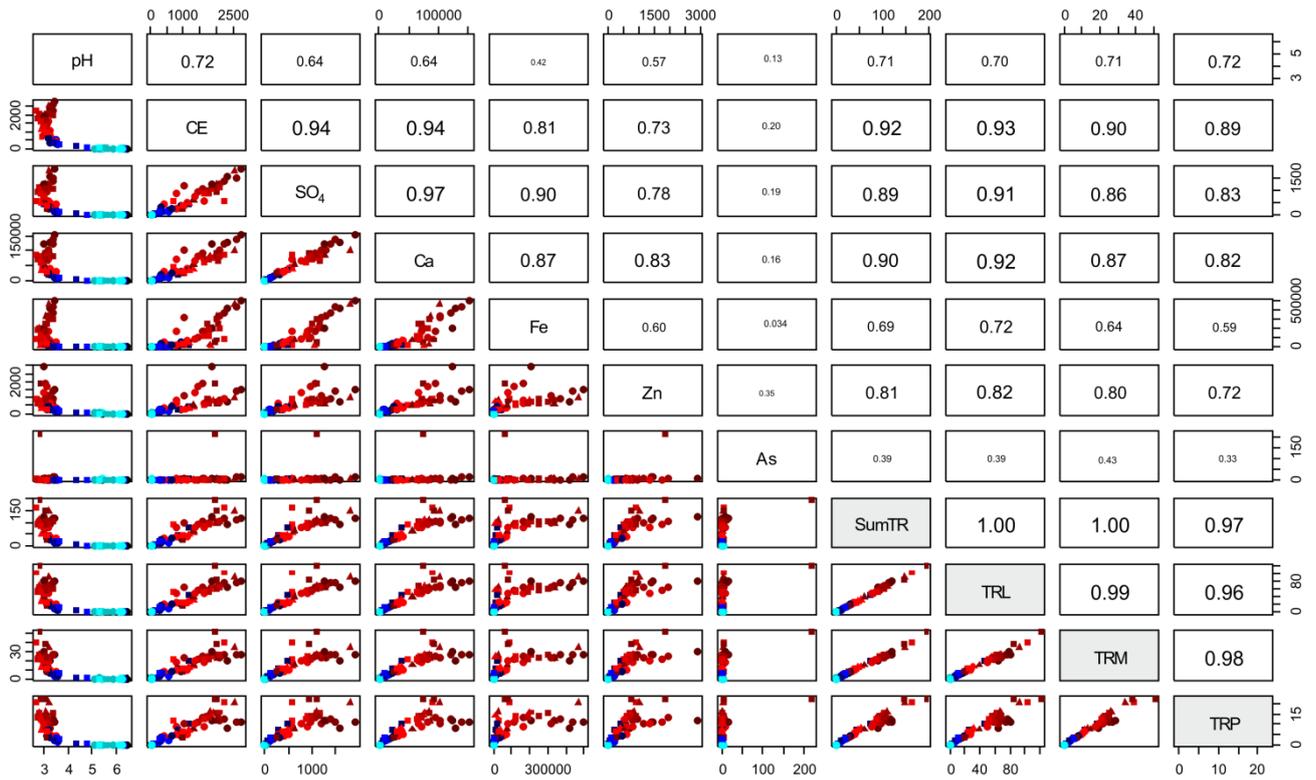


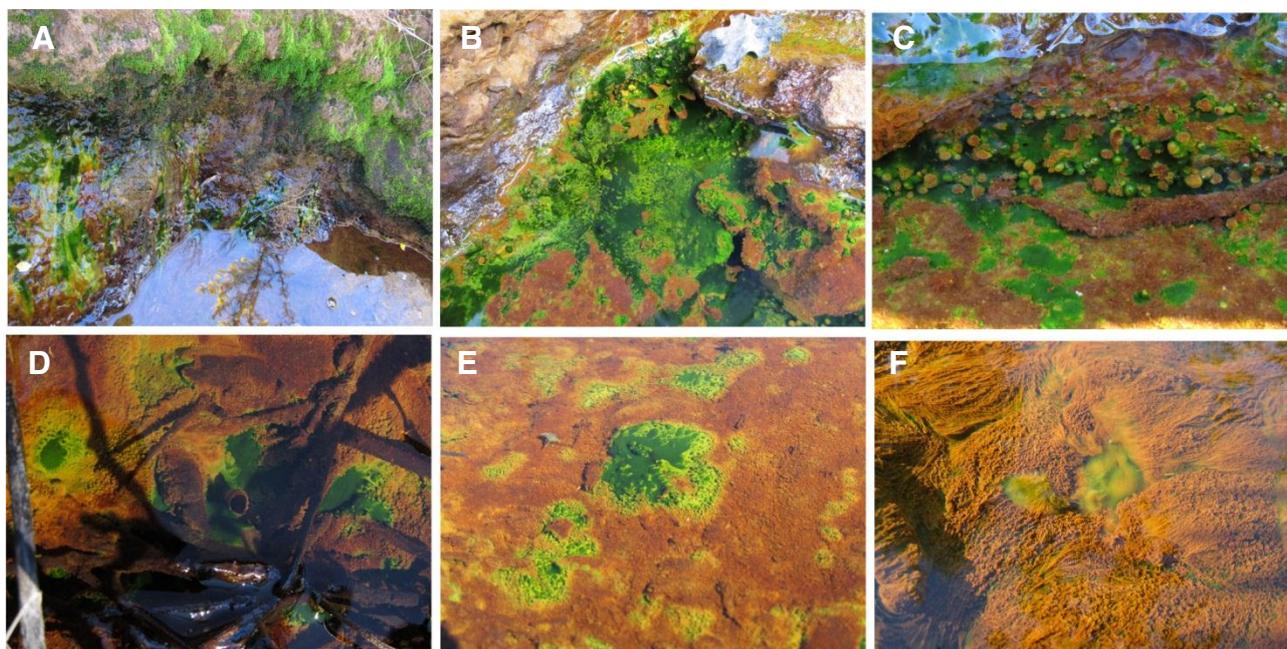
Figura V. 162 Matriz de correlação dos principais descritores de apreciação ambiental no sistema fluvial Ribeiro do Poço Negro – Coura e Santa Justa. Inclusão dos conteúdos totais de elementos TR (SumTR) e dos somatórios de TR leves (TRL), médias (TRM) e pesadas (TRP) (Simbologia descodificada na Figura V. 151)

### V.3.4. CARACTERIZAÇÃO ECOLÓGICA EXPEDITA DO RIBEIRO DO POÇO NEGRO

Enquanto ecossistema, o ribeiro do Poço Negro apresenta condições promotoras de um *stress* biológico sobre os organismos que nele se conseguem fixar, impondo mecanismos de protecção para a sua sobrevivência. Em **Valente (2004)** e **Leal Gomes e Valente (2007)** estão caracterizados organismos que dependem das condições proporcionadas por este ambiente de drenagem, encarando-o um exemplo extremo da biodiversidade com especificidades ao nível da interacção mineral – água – ecossistema.

A acidez das águas e a crustificação do substrato do ribeiro proporciona um ambiente de proliferação e fixação de organismos acidófilos que estabelecem reacções metabólicas entre o meio aquosos e o substrato litificado. Em todo o curso do Ribeiro do Poço Negro (com incidência no troço superior), é possível reconhecer a intervenção de organismos acidófilos – concretamente colónias de algas - tanto em estratos sobrenadantes, mais superficiais da coluna de água, como em estratos suspensos, floculados e ainda ancorados no substrato crustificado do leito e margens (**Figura V. 163**).

Os organismos que sobrevivem a uma gama de pH alargada não são necessariamente acidófilos, se o seu desenvolvimento óptimo ocorre nas gamas próximas da neutralidade (exemplo das briófitas, **Figura V. 163A**). Contrariamente, os organismos acidófilos manifestam desenvolvimento óptimo em condições ácidas, sendo por isso bons marcadores de ambientes contaminados por drenagem ácida (**Leal Gomes e Valente, 2007**).



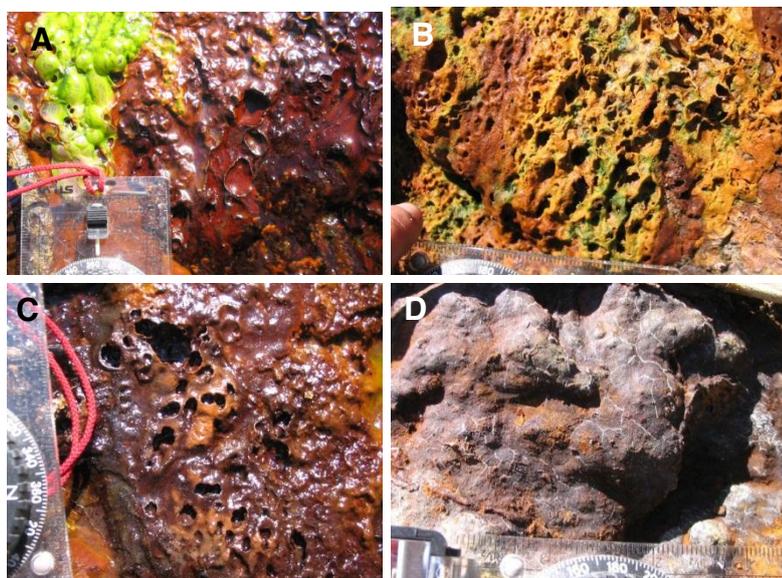
**Figura V. 163** - Aspectos de adaptação do ecossistema aquático à drenagem ácida (Ribeiro do Poço Negro): **A** – presença de briófitas em taludes e margens dos canais principais de escoamento associados a algas acidófilas (05A03/11, pH=3,45); **B** – comunidades bênticas que incorporam e sobrepõem material vegetal acumulado no curso de água (troço a montante de V303/11, pH=3,16); **C** – estruturas tipo bolha associadas à proliferação de colónias de algas na interface com zonas de exurgência natural e zona emersa (troço a montante de V303/11, pH=3,16); **D** – estrutura tubular desenvolvida a partir de estruturas tipo bolha em zonas submersas e com elevada acumulação de restos vegetais, constrição do desenvolvimento de organismos em zonas resguardadas da incidência luminosa directa (troço a montante de V303/11, pH=3,16); **E** e **F** – desenvolvimento de colónias bênticas de algas amebóides e filamentosas (respectivamente troço a montante de V303/11, pH=3,16 e C410/10, pH=2,98).

Outros grupos têm interesse ecológico, tal como plantas macrofilas e briófitas. Ocorrem juncos em ambiente mais alagadiço, muito embora se apresentem vulneráveis às flutuações do regime de escoamento. No que respeita a plantas briófitas elas são abundantes e persistentes nas margens do ribeiro, verificando-se a fixação de precipitados de óxidos de Fe nos seus filamentos e associações com algas (**Figura V. 163**).

Em **Valente (2004)**, encontra-se a identificação e classificação taxonómica das algas presentes no Ribeiro do Poço Negro, referindo-se ainda a abundância relativa e persistência sazonal. A Autora classificou-as como algas acidófilas: *Klebsormidium sp.* e *Euglena mutabilis*. Outras algas foram ainda identificadas: de crescimento filamentoso sem ramificações - *Mougeotia sp.* - e de tipo ovóide, cilíndricas ou em gota - *Characium sp.* e *Characiopsis* - ambas com oscilação sazonal, função da iluminação, temperatura e regime de escoamento do curso de água.

Dada a exuberância de colónias mistas de *Klebsormidium sp.* a *Euglena mutabilis*, registam-se aqui algumas observações expeditas no que respeita à sua distribuição e às relações que estabelece na interface mineral-água.

A dispersão das colónias ao longo do ribeiro e a distinção de várias fases de desenvolvimento sazonal (**Figura V. 164**), com estágios de maturação discriminantes, são aspectos muito expressivos, marcados pela resposta metabólica dos organismos. Concretamente a actividade fotossintética - libertação de oxigénio e dióxido de carbono - promove fenómenos de precipitação de Fe contrastantes ao longo do ciclo diário e anual culminando na necrotização completa das colónias. Estas necroses, impregnadas de Fe e com morfologias em favo, evoluem para crustificações (ocas ou vacuolares) que marcam incisivamente o substrato e a configuração do ribeiro, bem como, a carga sedimentar que lhe é intrinsecamente associada e a que é aprisionada por ele.



**Figura V. 164.** Diferentes estágios de maturação de algas acidófilas: **A** - colónias globulares verdes sobre um substrato precipitado biogénico que preserva a estrutura globular prévia; **B** - estrutura em favo com precipitação de Fe associada a organismos vivos; **C** - estrutura necrotizada em favo húmida; **D** - estrutura necrotizada crustificada seca com ligeiras eflorescências salinas indiferenciadas.

Das amostragens realizadas em diferentes estações ao longo do ribeiro, os microorganismos identificados em LB, correspondem a grupos flagelados e amebóides, destacando-se as formas euglenóide, no estado linulóide (**Guiry e Guiry, 2013**), ilustrado na **Figura V. 168**.

Na presença de água, a proliferação destes organismos é intensa sobretudo na Primavera e final do Verão. Reconheceram-se como factores limitadores do desenvolvimento das algas tanto os ambientes turbulentos, como os períodos de estiagem, demonstrando preferência pela interface sedimento-água.

Morfológicamente, a *Euglena, sp.* é uma alga flagelada, verde, com células alongadas, ovais ou fusiformes, que variam em comprimento de 20 -500 µm, com flagelos com invaginação. O flagelo longo, altamente móvel, é responsável pela locomoção, possuindo maior espessura e composição fibrosa. À rotação helicoidal da célula atribui-se a designação de movimento euglenóide, cuja expressão envolve rápidas mudanças da forma do corpo, consoante a orientação do movimento e eventual rigidez das suas paredes (susceptível à deposição de precipitados ocre). Os cloroplastos variam também em forma – discos ou faixas, possui uma reserva de hidrato de carbono que ocorre sob a forma de grãos sólidos ou elos associados à estrutura helicoidal. Estes organismos apresentam células de envelhecimento em forma de gotas castanhas de lípidos (lipofuscina) e metafosfatos cíclicos. Todas as espécies têm um organelo, fotossensível, alaranjado, contendo caroteno, que lhes confere forte fototropismo (Guiry e Guiry, 2013)

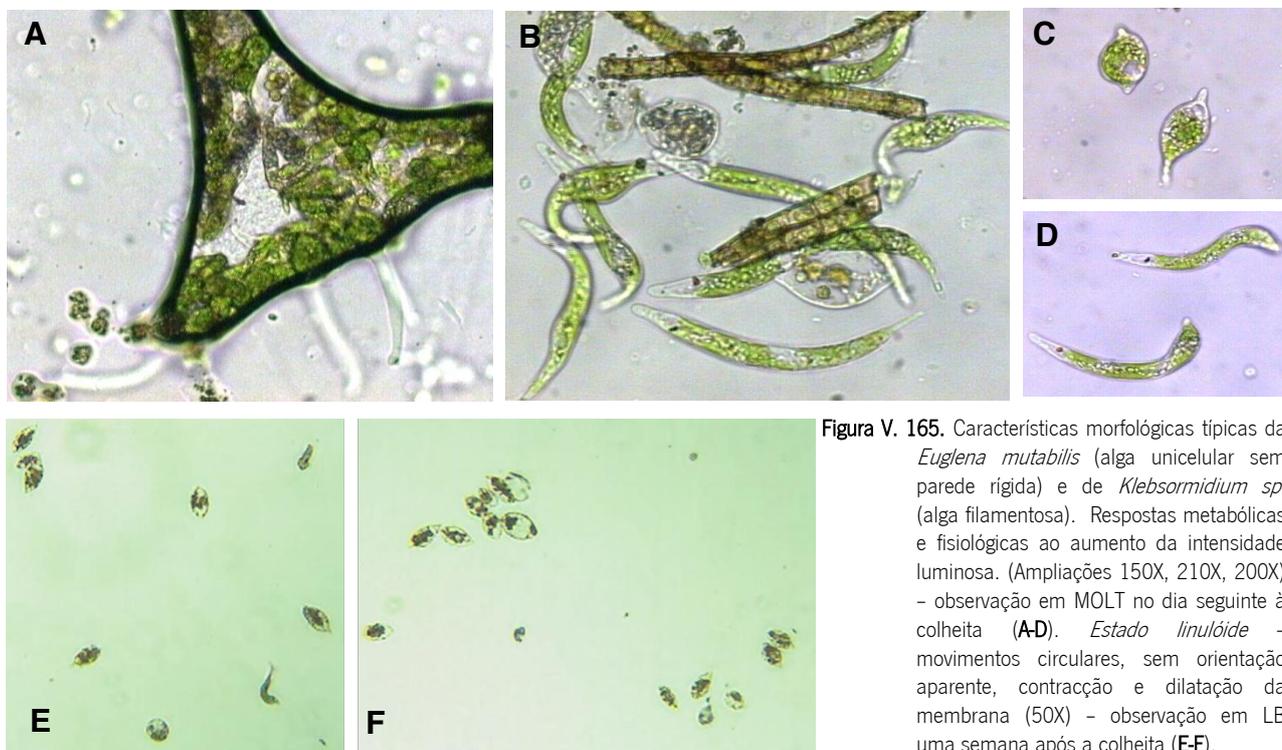


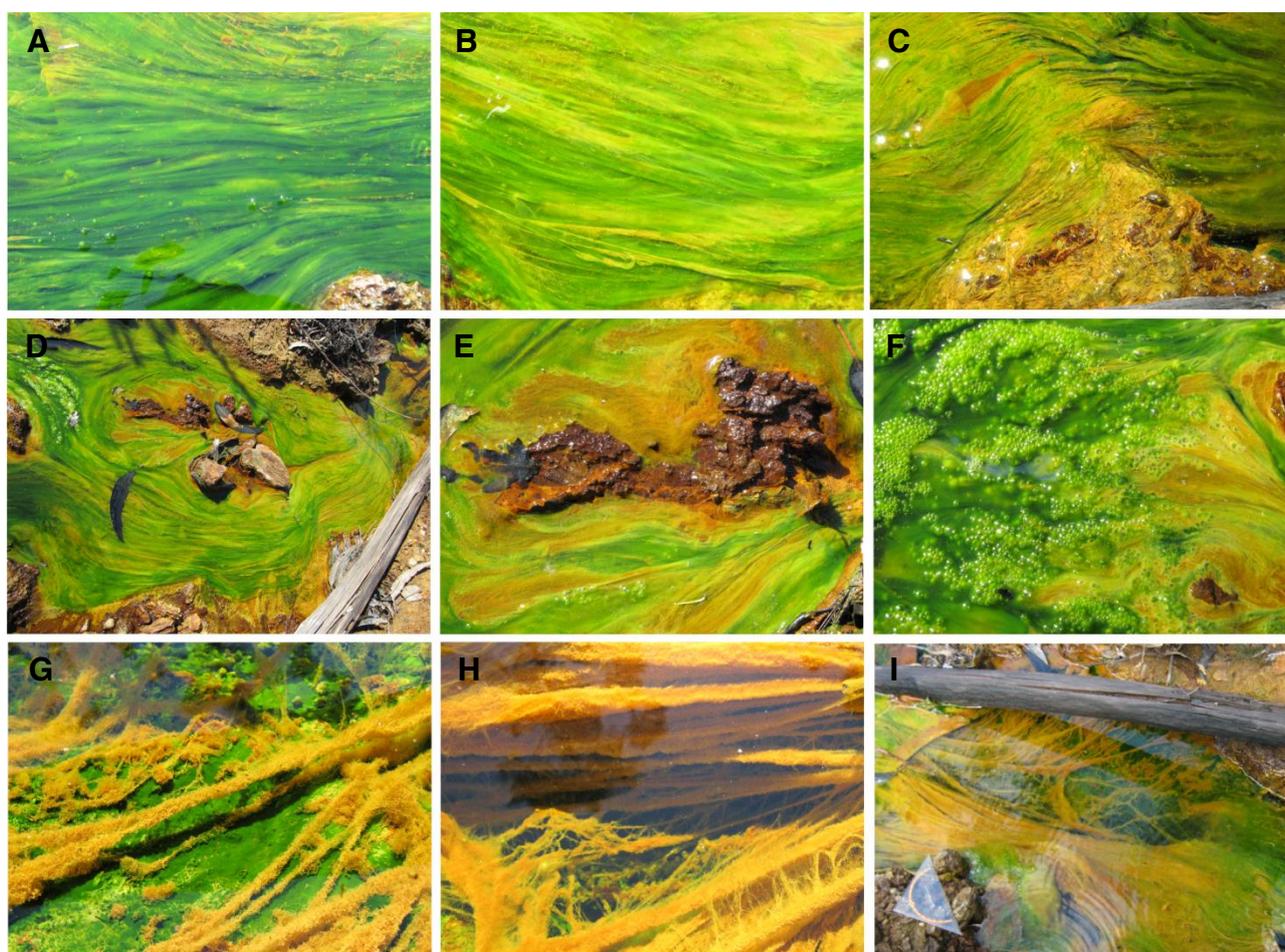
Figura V. 165. Características morfológicas típicas da *Euglena mutabilis* (alga unicelular sem parede rígida) e de *Klebsormidium sp.* (alga filamentosa). Respostas metabólicas e fisiológicas ao aumento da intensidade luminosa. (Ampliações 150X, 210X, 200X) – observação em MOLT no dia seguinte à colheita (A-D). Estado linulóide – movimentos circulares, sem orientação aparente, contração e dilatação da membrana (50X) – observação em LB uma semana após a colheita (E-F).

Existem cerca de 553 espécies de euglenas das quais 126 são taxonomicamente aceites (Guiry e Guiry, 2013). Concretamente, a espécie *Euglena mutabilis* é unicelular alongada, sem parede rígida, com estigma (protuberância fotossensível), cloroplastos e grânulos de amido e paramilo (substância polissacárida de reserva) sem flagelo, no entanto com capacidade de deslocação amebóide que usam para progredir no substrato. Gimmler (2001) distingue a *Euglena mutabilis* como alga acidófila na gama de pH 2 a 5, com desenvolvimento preferencial em pH=3. O Autor distingue organismos tolerantes à acidez quando o seu desenvolvimento é preferencial a partir do pH=5, tolerando até pH de 3,5.

Morfológicamente as algas *Klebsormidium sp.* são filamentosa com células cilíndricas, parede celular lisa e fina, os filamentos são unisseriados e não ramificados, sem diferenciação polar. Com cloroplasto discoide, morfologias em

Joelho, flutua livremente em meio aquoso ou coloidal (Skaloud, 2006). Em ambiente adverso pode verificar camadas espessas, lamelares ou rugosas sobre a sua própria parede celular, envolvendo ainda paredes celulares transversais, em geometrias tipo H. Pode ocorrer em estratos bênticos pouco profundos e em corrente de água, estão fixas a um substrato ferruginoso, cujos biofilmes atingem até centímetros de espessura, sendo percussores de crustificações com composição e textura diversificada. Os filamentos são densos a ponto de aprisionarem partículas de granulometrias relativamente pouco grosseiras. Neste entrançado incluem-se associações com *Euglena* (Figura V. 166F).

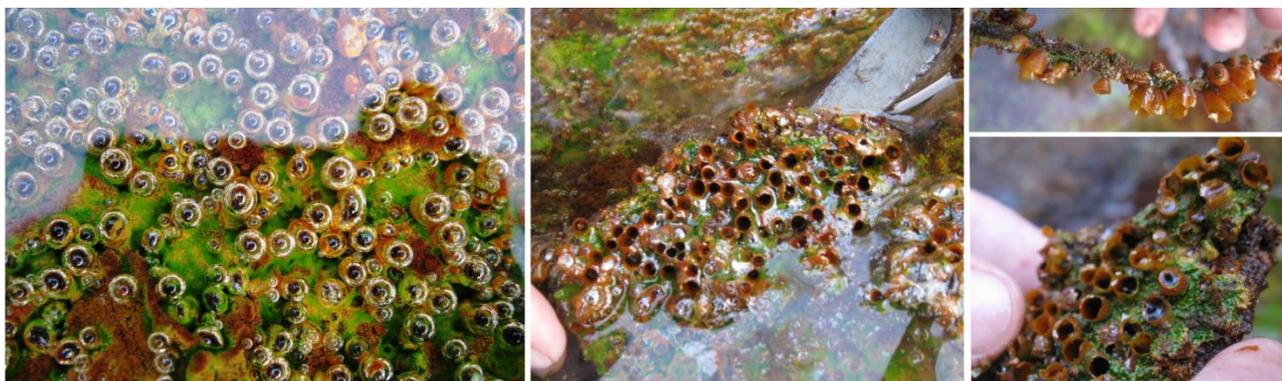
Valente e Leal Gomes (1999b) detectaram ambos os organismos em efluentes mineiros de depósitos parageneticamente diferenciados, na Serra d'Arga - no EMA de Valdarças e no EMA do Fulão.



**Figura V. 166.** Ocorrências de algas nos estratos bênticos e em suspensão: **A e B** – algas flutuantes com maior e menor maturação metabólica; **C, D, E** - algas flutuantes sobre substrato ocre e impregnação de oxi-hidróxido de Fe parcialmente crustificado, retenção e condicionamento imposto por restos vegetais dispersos; **F** – alga flutuante de aspecto globular subsuperficial devido à produção de substâncias mucilaginosas; **G e H** – algas em substrato e flutuantes na coluna de água; **I** – algas filamentosos fixadas nas margens do curso de água.

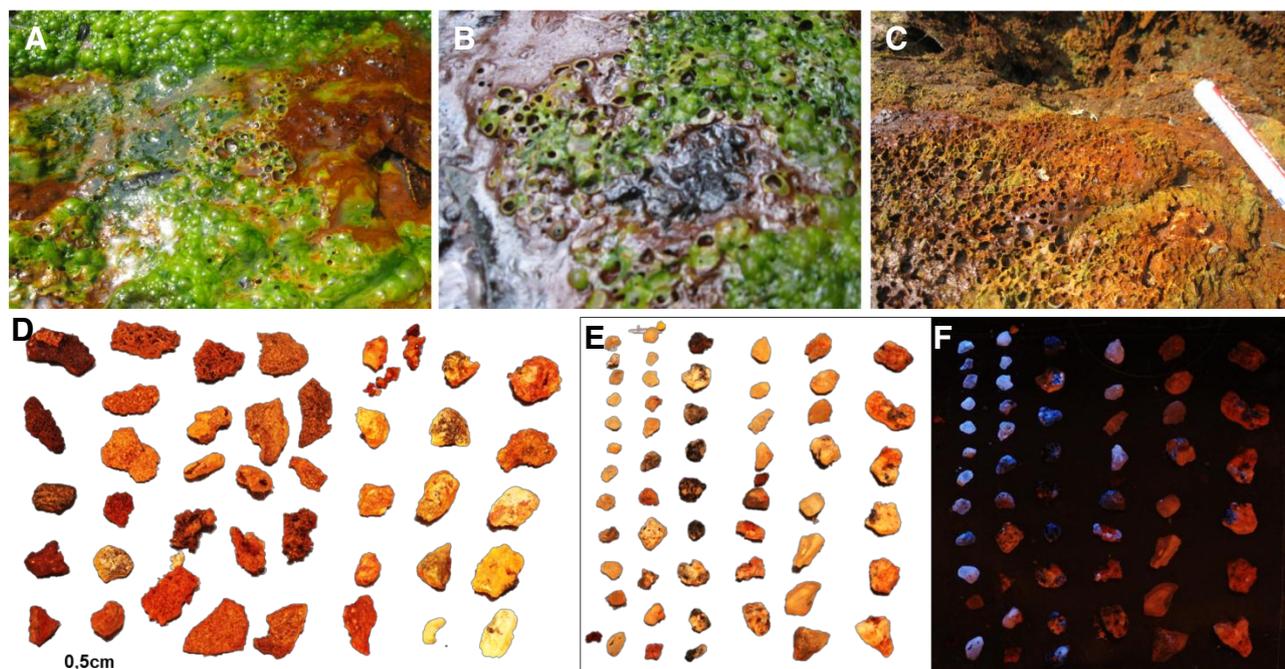
A sequência evolutiva destes organismos tem início com a colonização do substrato do curso de água com ocorrência superficial contínua, que pode promover a formação de um substrato fixador de estruturas ecológicas mais complexas, como as briófitas (Figura V. 163). Estes substratos, em períodos de estiagem, podem converter-se em crustas consolidadas, com texturas específicas para cada tipo de alga – globular, *favo* (*Euglena*) (Figura V. 164), filamentosa, radial, fasciculada (*Klebsormidium*) (Figura V. 166).

Reconheceu-se a distribuição destas colônias na coluna nos estratos: **1) algas suspensas** - flutuam na coluna de água (extensões >1m), geralmente ancoradas nas margens ou em restos vegetais (*Euglena* > *Klebsormidium*); **2) algas no substrato** do leito e das margens revestidas com crustificações (extensões <1m), colônias numerosas que podem cobrir inteiramente o substrato (nas fases de maior maturidade o curso da água fica com tons verdes intensos) (*Klebsormidium* > *Euglena*); **3) algas sobrenadantes**, em locais de exurgência, muito localizadas desenvolvem biofilmes sub-milimétricos com morfologias tubulares (em torno de gasificações) ou na superfície de água, nas zonas com reduzida escorrência (*Euglena*).



**Figura V. 167.** Zona de exurgência natural no Ribeiro do Poço Negro (05A02/09), relação *Euglena* - biofilmes de schwartmanite, precipitados sob e em torno de zonas de libertação gasosa (via fotossintética). Substratos diversificados: restos vegetais e crustificações ferralíticas.

Os ciclos de produção sazonal influenciam a deposição/precipitação de neoformações minerais no curso de água, a aglutinação, retenção e aprisionamento de particulado denso ou floculado coloidal com composições químicas diversificadas, bem como, um elevado conteúdo de matéria orgânica. É de destacar o aprisionamento de fracções finas (submilimétricas) de scheelite nas estruturas em favo (necroses). Em ensaios mineralométricos no sedimento de leito do ribeiro, estimou-se uma maior proporção de densos nas zonas com proliferação de algas (**Figura V.168**).



**Figura V. 168.** Armadilhas de retenção de particulado denso, fino a ultrafino: **A a C** -estruturas morfológicas globulares (estagio produtivo de algas acidófilas) e consequentes estruturas em favo (necrose); **D** - Grãos e precipitados densos, apurados à bateia, (fracção densa > 2mm), aspectos morfoscópicos biogénicos em microcrustificações poliminerálicas - fragmentos de necroses e elementos de estruturas tubulares em favo e, bandados e agregados por coalescência e evolução supergénica; **E** - Selecção de grãos de scheelite - aprisionada em crustificações revestidas de estruturas em favo e microcrustificações sobre grãos de quartzo e outros detritos (Luz Natural e Luz UV (F)

O mecanismo de retenção físico de fracções finas densas é ainda testemunhado pelo padrão morfoscópico dos grãos nestas estações, nomeadamente as superfícies rugosas, reticuladas e rendilhadas, e bem assim a manutenção de formas tabulares e cavidades aparentemente biogénicas (Figura V.168).

A distribuição espacial das algas é condicionada por factores relacionados com o regime de escoamento, a composição hidroquímica, suspensões e precipitados de fundo do curso de água, a topografia e colonização vegetal do próprio curso. A própria vegetação ripícola interfere na velocidade de escoamento, na exposição solar, temperatura e na consistência dos substratos (Valente, 2004). O predomínio das algas verifica-se em zonas de maior acumulação de água, assoreadas pelo arraste, deposição e precipitação de material que atenua a velocidade da corrente (Figura V. 166), que também são as zonas mais expostas à luz, e com um ponto de exurgência natural (05A).

A mineralogia do substrato parece ser também um factor preponderante na distribuição das algas acidófilas. Estas associam-se a crustificações ferralíticas de muita baixa cristalinidade com jarosite  $[KFe_3(OH)_6(SO_4)_2]$  e schwertmannite  $[Fe_{16}O_{16}(OH)_{12}(SO_4)_2]$ . Estabelece com este ultimo uma estreita associação, expressa nas rugosidades dos filmes, materiais amostrados e identificados com schwertmannite (Figura V. 169).

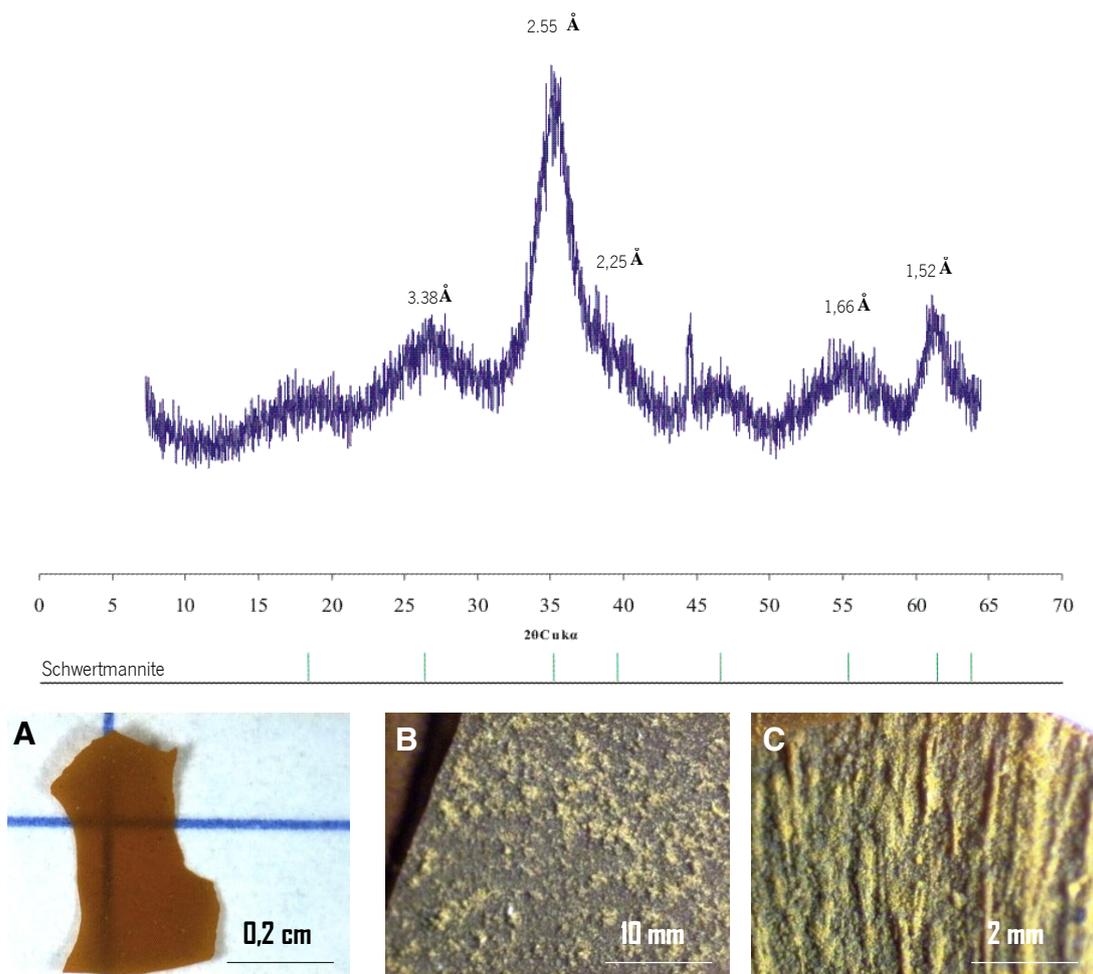
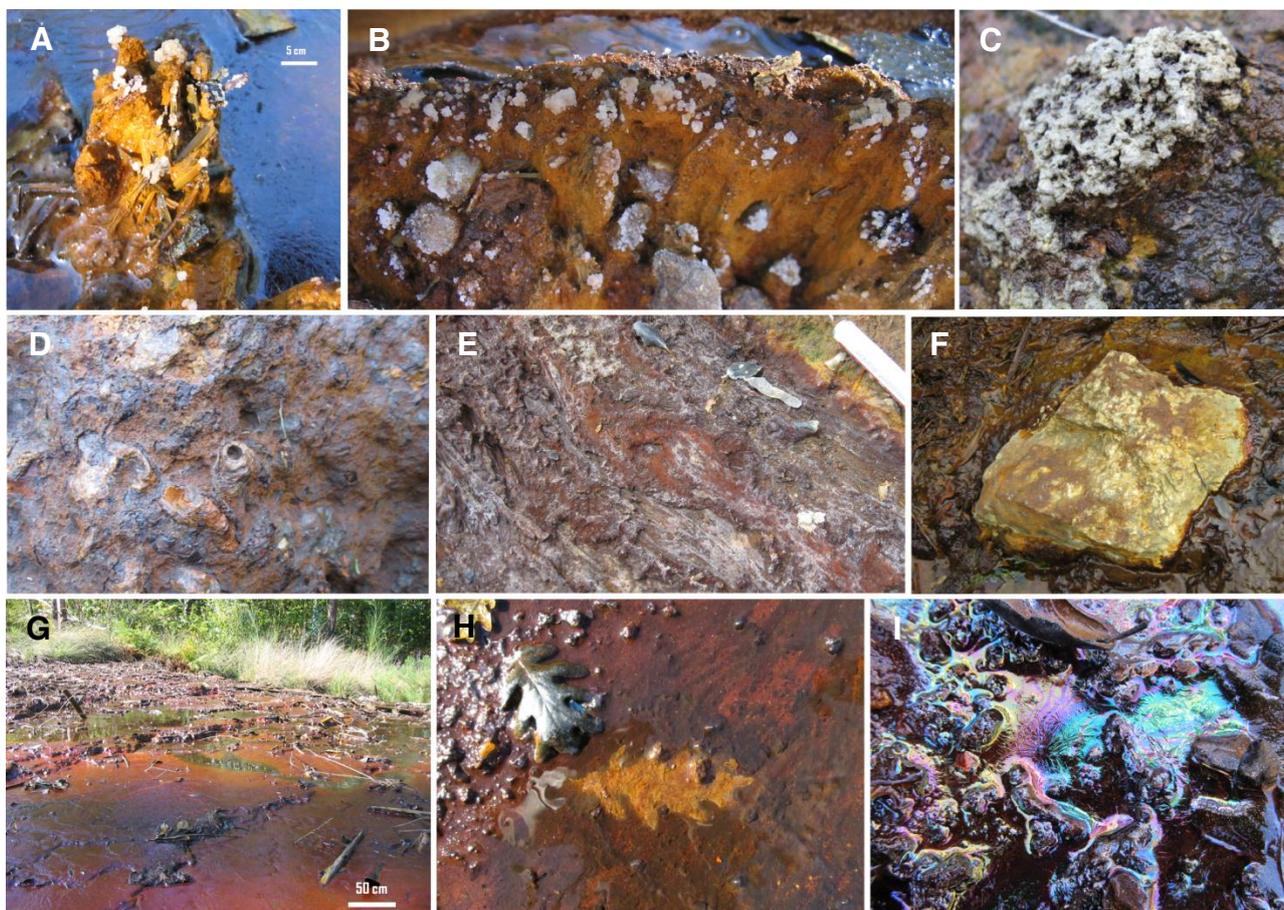


Figura V. 169. Difractograma de RX de uma película de material sobrenadante (Estação 05A - V4) de baixa cristalinidade, correspondente a schwertmannite. Ficha JCPDS: 47-1775, picos diagnósticos da base de dados ICDD. Fotografias em LB do material seco, pormenor das superfícies rugosas em contacto com a água).

Na superfície da água, em zonas de baixa a nula velocidade de escorrência é visível uma iridescência cerosa (Figura V. 170), típica daqueles filmes sobrenadantes. indicadora de condições de saturação em Fe (>496 ppm, V409/08).



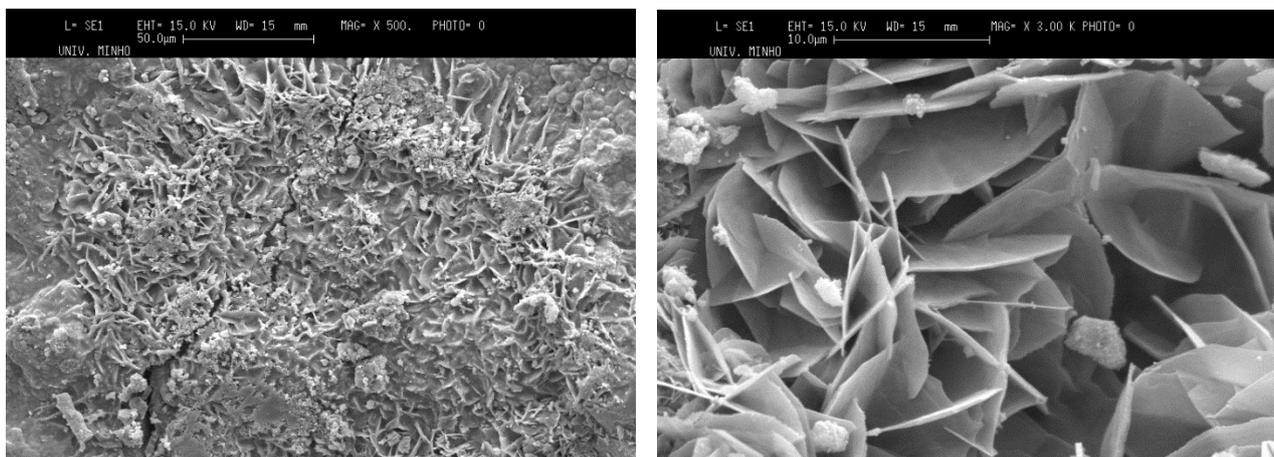
**Figura V. 170.** Aspectos de neoformação mineralógica supergênica na dependência do Ribeirão do Poço Negro com maior ou menor persistência sazonal: **A e B** - proliferação salina solúvel sob a forma de eflorescências rosáceas brancas, ricas em sulfatos hidratados [gesso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), melanterite ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), rozenite ( $\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )] sobre substratos ocre – precipitados de oxi-hidroxidos de Fe mais ou menos crustificados, ao longo do canal de escoamento, ou nas margens (V4 09/08); **C** – dissolução salina sobre substrato crustificado (V4 10/10); **D** – crustificação revestindo a margem do curso de água com marcas de ciclos de precipitação (biomineralização), persistindo estruturas tubulares típicas de fases precoces da proliferação de Euglena, aspecto policromático acentuado e texturalmente complexo (montante de V3, campanha 03/11); **E** – crustificação ferralítica, com cimentos goethíticos, com espessuras até 10cm, relativamente compactos e com filamentos salinos, eflorescentes, orientados no sentido da corrente (específicos ao período de estiagem) (V4 06/10); **F** – bloco revestido com precipitados pulverulentos de hidroxil-sulfatos [jarosite ( $\text{KFe}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_3$ )] (05A06/10); **G** – películas ou filmes sobrenadantes na coluna de água, constituídos por precipitados ocre de Fe, confinada na interface água - ar, não penetrando em profundidade (apesar da superfície em contacto com a água apresentar texturas e rugosidades peculiares que sugerem um eventual contacto com organismos filamentosos (Figura V. 169); **H** – Efeito fotoquímico sobre precipitados no leito de escorrência, a fotorredução do Fe diz respeito a um fenómeno de absorção da radiação ultravioleta pelo Fe (III) resultando Fe (II), responsável pelos tons mais ocre e avermelhados, e ainda OH (Mcknight *et al.*, 2001; Ercilla *et al.*, 2009, *cit por Lobarinhas, 2011*), esta reacção em águas de drenagem ácida condicionam fortemente o ciclo do Fe, sendo a sua reactividade mais associada a óxidos-hidróxidos de baixa cristalinidade (Hrcir *et al.*, 1998; *cit por Valente, 2004*) (montante de V3, campanha de 03/11, pelas 11h);

A radiação solar tem também uma grande influência sobre o ciclo bioquímico das algas, tanto no que respeita à actividade metabólica fotossintética, como a fenómenos de fotorredução com especial incidência nas reacções de especiação do Fe. Lobarinhas (2011) verificou-se que a concentração de Fe (II) nas estações de amostragem no Ribeirão do Poço Negro é maior no período da manhã, dada a fotorredução de óxidos e hidróxidos de Fe que constituem o substrato precipitado do curso de água (Figura V. 170H). Registou ainda a Autora que aquelas reacções diminuem ao longo do dia, a expensas de óxidos de Fe.

As características físico-químicas do meio aquosos e a composição química específica condicionam o sucesso e desenvolvimento deste grupo de algas. **Valente (2004)** refere as condições de ocorrência de *Euglena mutabilis* no ambiente de drenagem em apreço: pH (2,5 a 3,4), CE (1700 a 7000 mS/cm), Eh (275 a 475 mV) e concentração de anião sulfato (1000 a 5200 mg/L). Já no que respeita às condições de ocorrência de *Klebsormidium, sp* refere pH mais alto (3 a 3,5), CE mais baixa (500 a 2000 mS/cm), um espectro maior de Eh (200 a 500 mV) e concentrações de sulfato mais baixas (180 a 1200 mg/L). Ambas as algas toleram concentrações de Cu, Zn e As até 4mg/L. O género *Klebsormidium* tolera uma gama de temperaturas mais alta (11,5 a 22°C), enquanto que *Euglena* se situa entre 13 e 18°C.

Pode assim dizer-se que águas com valores elevados de condutividade eléctrica (1000-2300 mS/cm, Estações V4 e V3) e de anião sulfato (700 - 1900mg/L, Estações V4 e V3) constituem ambientes de fixação e proliferação de *Euglena mutabilis*. Pela permanência nestas condições ambientais severas, esta alga constitui um bom indicador expedito da qualidade da água. **Valente (2004)** refere que a especiação redox do Fe exerce um controle importante na especiação destas algas, sendo menos frequentes em condições oxidantes, coincidentes com altos teores de Al (60-80ppm) e F (>10mg/L). A existência de Fe (II) é também referida como condição necessária à colonização.

A neoformação de minerais, promovidos por processos de biomineralização, está bem documentada para diversos filos (**Weiner e Dove, 2003**). É comum associarem-se a ambientes com muito Fe bactérias responsáveis pela formação de óxidos-hidróxidos de Fe, por precipitação intra ou extracelular. Existe uma relação estreita entre organismos e neoformações mineralógicas, como de resto, entre estes e matéria vegetal de diversas estruturas (ramos, folhas, sementes), estratos e espécies de plantas. Em identificações mineralógicas de pátinas, microcrustificações, e eflorescências **Rodrigues (2011)** detectou um espectro diversificado de fases minerais combinadas com Fe. A associação de Fe, Na e Cl, em cristallitos junto a estomas da folha sugere a intervenção de secreções na formação das fases.



**Figura V. 171.** Eflorescência de melanterite (SO<sub>4</sub>Fe•7H<sub>2</sub>O) + alunogénio [Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>•18H<sub>2</sub>O] + schwertmannite [Fe<sub>4</sub>O<sub>4</sub>(OH)<sub>6</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>] sobre material vegetal (Imagens de MEV-ES).

**Tabela V. 59.** Combinações do Fe em neoformações sobre superfícies vegetais de materiais acumuladas ao longo do curso de água.

Fe - O	Fe - S	Fe - Ca
<b>Óxidos ou oxihidróxido:</b> - goetite (α-FeOOH) - lepidocrocite (γ-FeOOH) - hematite (α-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) - magnetite (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> )	<b>Hidroxi-sulfatos:</b> - jarosites [AFe <sub>3</sub> (OH) <sub>4</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ] (com A = NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> ou H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> ) - schwertmannite [Fe <sub>4</sub> O <sub>4</sub> (OH) <sub>6</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ]	<b>Sulfatos hidratados:</b> - melanterite (SO <sub>4</sub> Fe•7H <sub>2</sub> O) - rozenite (SO <sub>4</sub> Fe•4H <sub>2</sub> O) - gesso (CaSO <sub>4</sub> •2H <sub>2</sub> O) - alunogénio [Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> •18H <sub>2</sub> O] - meta-alunogénio [Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> •12H <sub>2</sub> O] - ferrinatrite [NaFe(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH)•3(H <sub>2</sub> O)]
		- siderite (FeCO <sub>3</sub> )

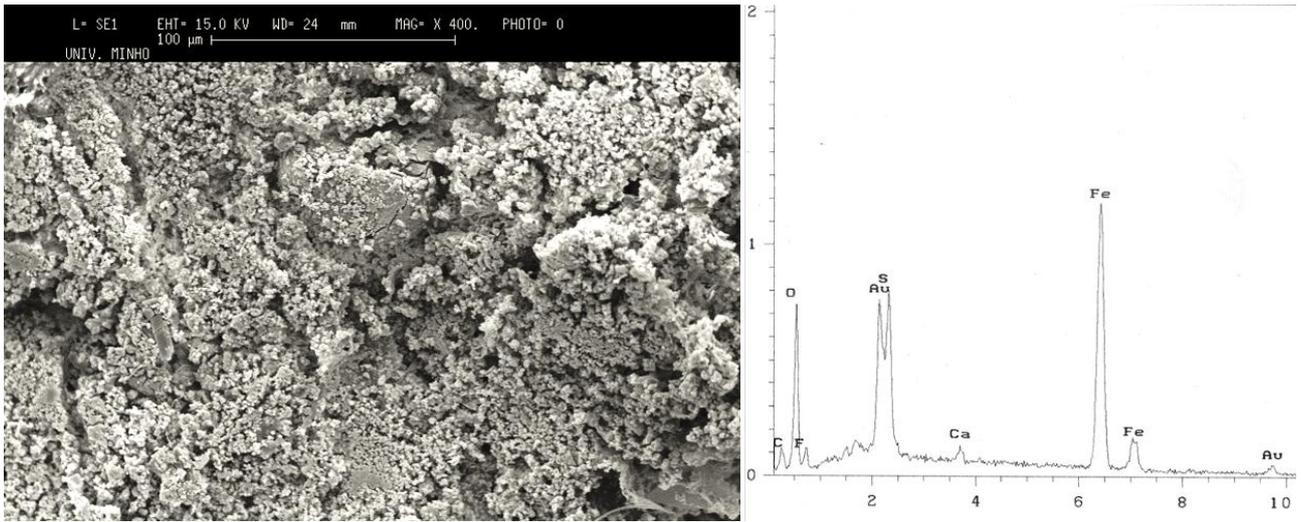


Figura V. 172. Espumas sobre restos lenhosos, compostas essencialmente por hidróxi-sulfatos de Fe - schwertmannite [ $Fe_4O_3(OH)_2(SO_4)_2$ ] (Imagens de MEV-ES e espectro DE correspondente ao material poroso).

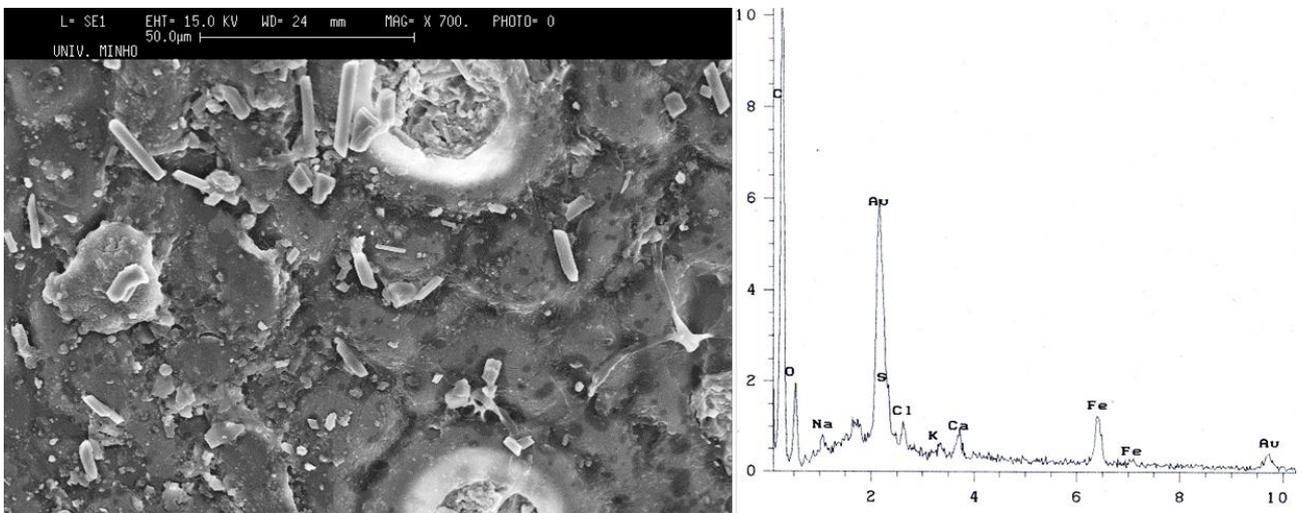


Figura V. 173. Pátina sobre folha, cristallitos aciculares correspondentes sulfatos hidratados de Fe e Na - ferritrite [ $Na_2Fe(SO_4)_2(OH)_2 \cdot 3(H_2O)$ ]. Na imagem distinguem-se os estomas da folha, com núcleo aparentemente crustificado (Imagens de MEV-ES e espectro DE correspondente a um cristallito).

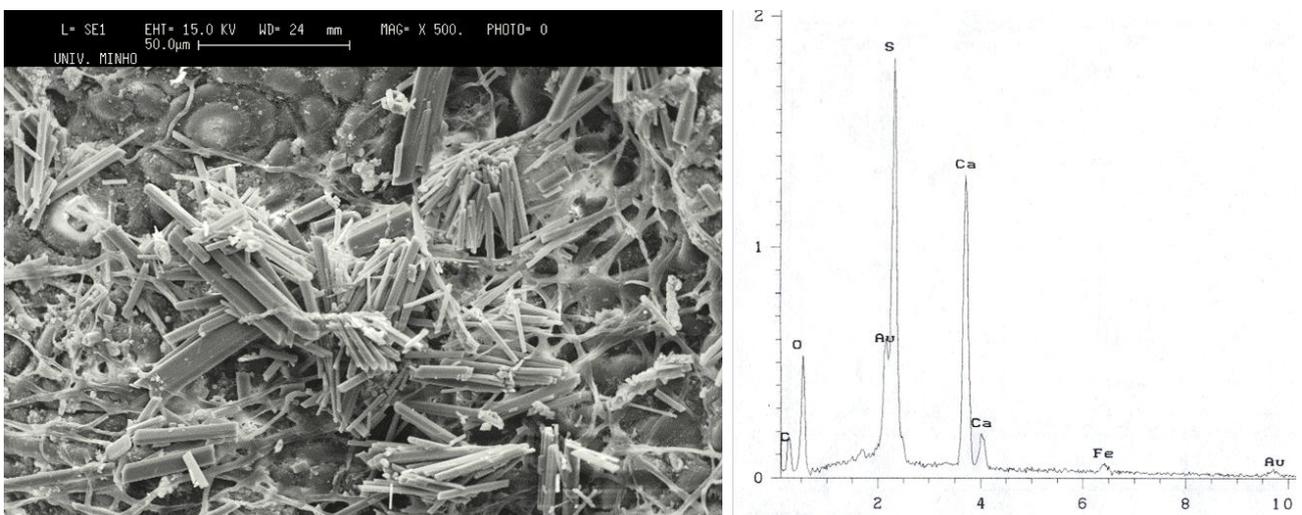
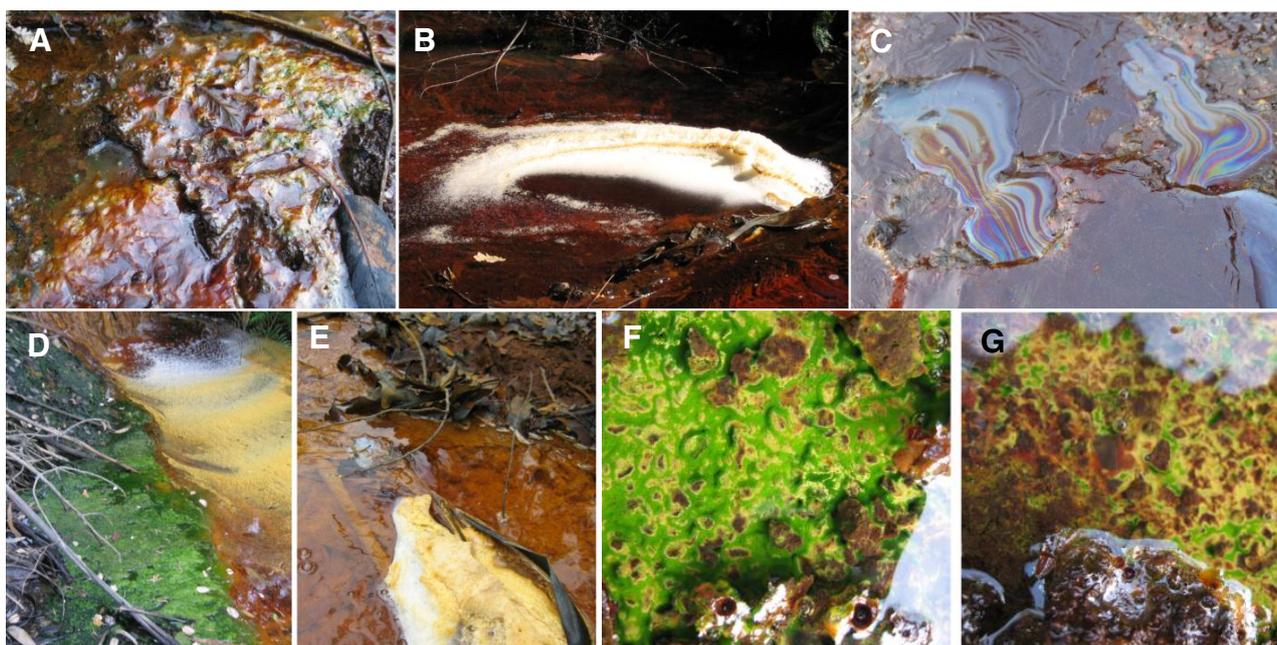


Figura V. 174. Eflorescência pátina iridescente sobre folha, agregado cristallino de gesso ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ), com pontuações de hidróxi-sulfatos de Fe - schwertmannite [ $Fe_4O_3(OH)_2(SO_4)_2$ ] (Imagem de MEV-ES e espectro DE correspondente ao agregado acicular).

No que se refere à associação entre mobilização química e estabelecimento de organismos vivos, constatou-se que estes possuem respostas metabólicas internas a uma reacção do meio na manutenção do seu próprio equilíbrio e ciclo de vida, removendo ou fixando poluentes da solução aquosa. O As é um dos elementos que pode ser fixado por mecanismos de resposta ao stress químico. **Valente (2004)** detectou valores de As em material filamentoso de algas na ordem dos 40ppm. A Autora refere mecanismos de tolerância de microalgas em condições de elevada concentração metálica: **fenómenos externos** à célula, com sequestro metálico na parede celular (segregação de substâncias mucilaginosas e ainda acumulação metálica exterior à célula); e **fenómenos internos** à célula, com a formação de complexos proteicos e especiação metálica menos tóxica ou solúvel.



**Figura V. 175.** Neofomações mineralógicas associadas a organismos acidófilos ou extractos vegetais acumulados: **A** - biofilmes espesso sobre alga (V4); **B** - espumas retidas em zona de acumulação de restos vegetais (V4); **C** - película sobrenadante ultrafina sobre substrato crustificado agregador de folhas e ramos (a montante de V3); **D** - espumas e filmes sobrenadantes em contacto com algas filamentosas, briófitas e restos vegetais (V5); **E** - espumas espessas e geliformes retidas em zona de acumulação de restos vegetais (C4); **F** e **G** - algas revestindo o leito do curso de água, zonas mais e menos expostas à luz solar.

O interior da célula, quando preservado pela parede celular, proporciona um ambiente onde ocorrem mecanismos de adsorção metálica, nomeadamente de Fe (III) insolúvel, conferindo uma coloração ao sistema muito expressiva, com tom vermelho (**Figura V. 175**). A segregação de substâncias capazes de adsorver metais constitui também uma resposta defensiva em ambientes severos, traduzindo-se na formação de biofilmes. Registou-se a composição frequente de schwertmannite associada a estas condições (**Figura V. 169**).

A actividade fotossintética das microalgas promove microambientes que interferem na concentração de oxigénio dissolvido (OD) no meio. Em ambientes com colónias de algas (V3, 05A e V4) a concentração de OD varia entre 6,4 e 1,6 mg/L (05A 03/10 e 05A 09/08). Estas condições de oxigenação favorecem a precipitação de óxidos e hidróxidos de Fe que, por seu turno, afectam processos de deposição/mobilização metálica, detectados na composição hidrogeoquímica da água. Os conteúdos em OD variam também, de forma significativa períodos de colheita (**Figura V. 176**). Nas águas analisadas no primeiro trimestre (Janeiro - Abril) os valores de OD são genericamente mais elevados.

Em V7, V9 e V5 os valores são mais altos possivelmente por se tratar de zonas de queda de água, razão pela qual a oxigenação da água é mais favorecida. Em C1 os valores altos de OD dizem respeito à actividade fotossintética da elevada flora ripícola (Figura V. 176).

A amostra de Santa Justa (SSJ) revela valores muito baixos ( $OD < 2\text{mg/L}$ ) podendo dever-se à elevada concentração de As na água ( $>1\text{ppm}$ ).

Para o conjunto das águas analisadas, a co-variação de OD com pH, em que se distinguem os dois grupos associados e não com drenagens ácida, a concentração com OD não varia consideravelmente (Figura V. 176), todavia as fontes de oxigenação envolvem organismos vivos distintos. Para concentrações elevadas de  $\text{SO}_4$ , os valores de OD situam-se no intervalo 4 e 6mg/L em estações com algas que controlam a disponibilidade do oxigénio no meio.

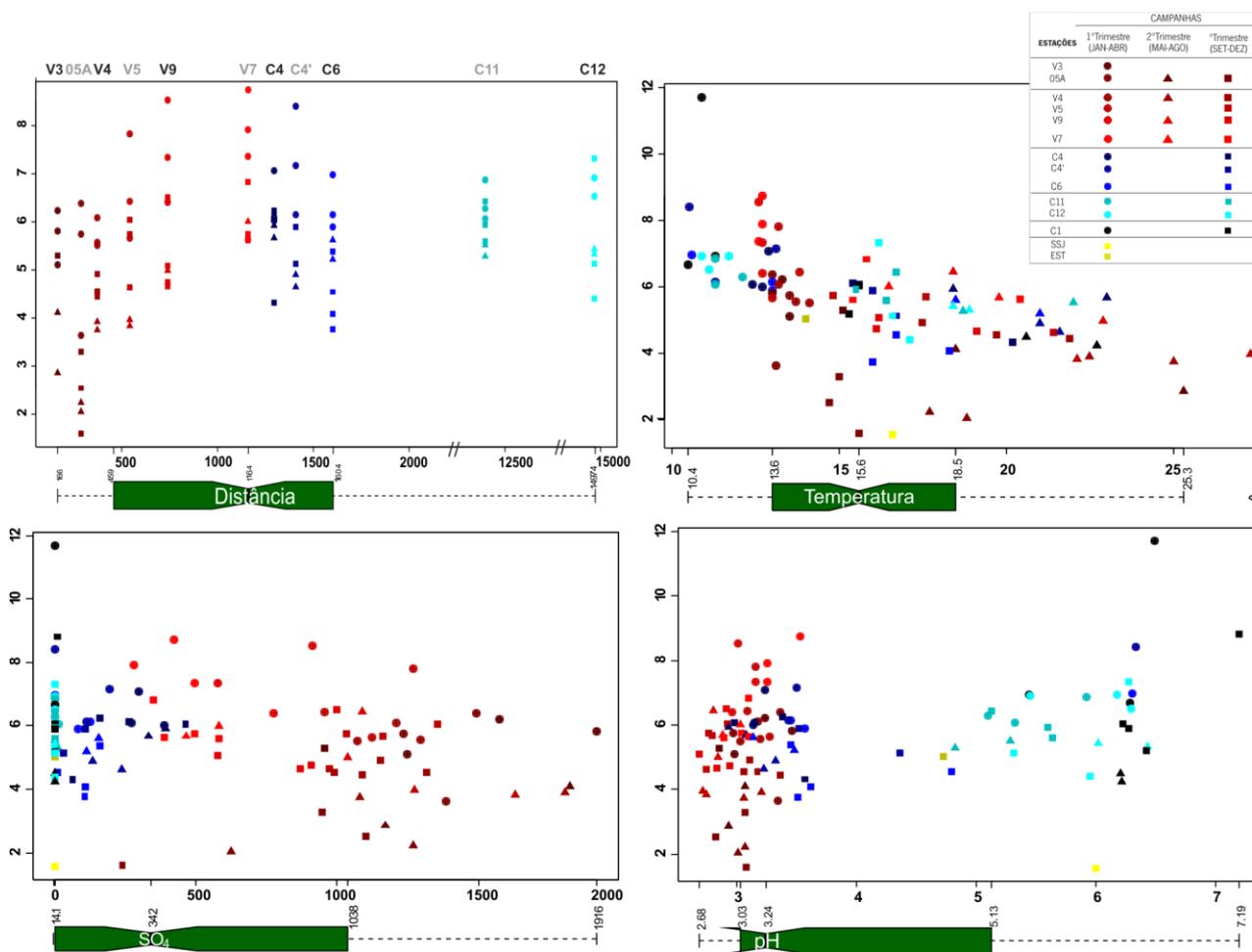


Figura V. 176. Co-variação de oxigénio dissolvido (OD, em mg/L) ao longo das estações de amostragem (Distância), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), concentração do anião sulfato ( $\text{mg/L}$  de  $\text{SO}_4$ ) e pH. Para efeitos comparativos, as amostras de Santa Justa (EST e SSJ) foram incluídas na projecção, mas não têm relação espacial com o Ribeiro do Poço Negro e Rio Coura.

O OD é um factor condicionador da vida aquática e de processos de autodepuração em sistemas naturais. O valor mínimo de OD para a preservação da vida é de  $5,0\text{mg/L}$ , contudo cada espécie tem um intervalo de tolerância (Naja e Volesky, 2010). De uma maneira geral, os valores de  $OD < 2\text{mg/L}$  equivalem a condições de hipoxia, com reduzida persistência de organismos vivos. As principais fontes de OD na água são a atmosfera e a fotossíntese, as perdas são causadas pela decomposição da matéria orgânica, respiração de organismos aquáticos, nitrificação, oxidação química abiótica, por exemplo de  $\text{Fe(II)}$  ou  $\text{Mn(II)}$ .

Durante a degradação da matéria orgânica, as bactérias consomem oxigénio em processos respiratórios, reduzindo a concentração de OD no meio, sendo geralmente repostos pela actividade de organismos fotossintéticos. Nas condições naturais o material mais oxidado pelo OD na água é a matéria orgânica, esse processo de oxidação (degradação aeróbica) ocorre em água ricas em oxigénio, ou seja, que possuem níveis altos de OD.

Em condições anaeróbicas, relacionadas com zonas de depleção de oxigénio, sem contacto atmosférico, e consumo no decurso da decomposição de material vegetal, os elementos químicos podem encontrar-se nas formas reduzidas, em microambientes redutores associados a estratos vegetais em decomposição, permitindo a neoformação pontual de sulfuretos (pirite) ou ainda o Au. Estes casos serão ilustrados adiante com observações expeditas de material decorrente do sistema em apreço, no decurso de estudos preliminares dedicados à neoformação em extractos vegetais.

Deve ainda destacar-se que, a necrotização de colónias de algas acidófilas, além de promover o enriquecimento de um substrato com nutrientes (P e C), reduzindo a acidez e a concentração de sulfato no meio (pedogénese incipiente, **Valente, 2004**), também funciona como armadilha extremamente eficiente no aprisionamento de particulado denso fino e ultrafino (como a scheelite). Trata-se de uma concentração de minérios altamente friáveis por fenómenos bio-físicos de retenção, coalescência e aglutinação em microcrustificações.

#### V.3.4.1. Neoformação e retenção física na dependência de substratos vegetais – estudos preliminares

Fenómenos como bioadsorção, bioacumulação e biomineralização têm sido estudados no âmbito do espaço mineiro (**Naja e Volesky, 2010; Beveridge, 1986; Figueira *et al.*, 1999; Yang e Volesky, 1999**). A presença de matéria orgânica afecta processos de acumulação metálica e neoformação mineral, repercutindo-se na evolução do ambiente mineiro (**Tabela V. 60**).

**Tabela V. 60.** Distinção dos processos de bioadsorção, bioacumulação e biomineralização (baseado em **Chojnacka, 2010**)

Bioadsorção	Bioacumulação	Biomineralização
Processo passivo	Processo activo	Processo activo ou passivo
Biomassa morta	Biomassa viva	Biomassa viva ou morta
Os metais ligam-se à superfície das células	Os metais ligam-se à superfície das células e ao seu interior	Os metais ligam-se à superfície das células e ao seu interior
Adsorção	Absorção	Adsorção e/ou Absorção
Processo reversível	Processo parcialmente reversível	Processo parcialmente reversível
Processo rápido	Processo lento	Processo lento
Não controlado pelo metabolismo	Controlado pelo metabolismo	Controlado ou não pelo metabolismo

As plantas têm a capacidade de acumular elementos químicos em tecidos diferenciados das raízes, caules e folhas, designando-se o fenómeno por bioacumulação. **Lima *et al* (2001)** apresenta exemplos de diversas plantas hiperacumuladoras especialmente de Ni, entre outros metais pesados, susceptíveis de constituir pistas biogeoquímicas em prospecção de depósitos. **Favas (2008)** estudou coeficientes de bioacumulação em plantas arbustivas e arbóreas na envolvente de vários EMA no Norte de Portugal, entre os quais reconheceu índices elevados de bioacumulação de W na área mineira de Tarouca, dedicada à exploração de scheelite (**Favas *et al*, 2011**). Esta faculdade é também utilizada na

selecção de plantas para tratamentos de fitorremediação de efluentes, em *wetlands*, com vista precipitação de floculados em suspensão, hidróxidos e espécies metálicas solúveis na água (Lopes *et al.*, 2002).

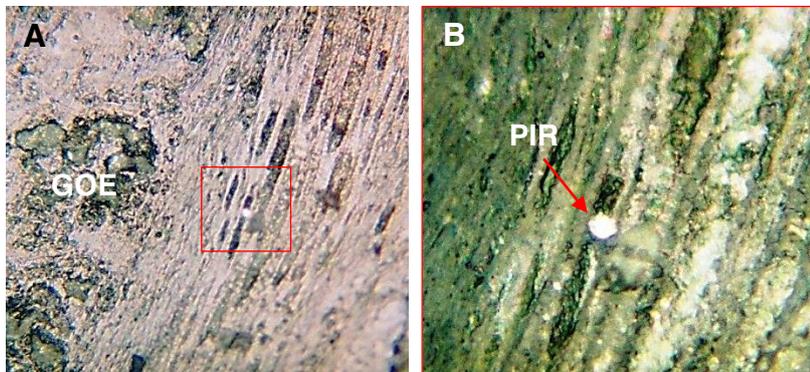
Por sua vez, a biomineralização é um fenómeno de neoformação específica, na dependência do organismo vivo, como resposta ao meio ou consequência de uma pressão química imposta. Nestas condições a mineralização pode estar associada ou não à morte do organismo ou decorrer da decomposição - estado de necrose ou materiais residuais. Sunagawa (2005) considera não existir diferença significativas entre o crescimento cristalino dentro de organismos vivos e em solução aquosa, em ambos os casos devem ser atingidas as condições acima do valor crítico - estado supersaturado - a partir das quais o crescimento ocorre por processos de nucleação e crescimento cristalino. O Autor, atendendo às texturas ou ao arranjo mineral que decorre do papel ou função dos tecidos/órgãos que servem de substrato à biomineralização, assume que o processo pode ter ocorrido ou não de um controlo intencional metabólico. Enunciam-se algumas características citadas por Sunagawa (2005) no que respeita ao crescimento cristalino associado a organismos vivos: 1) o espaço de crescimento mineral é limitado, por exemplo em células ou órgãos; 2) estruturas celulares ou metabolitos como proteínas ou células sacarídes, em folhas ou algas, desempenham um papel cooperativo no crescimento cristalino (o grau de cooperação pode ser testado pelo grau de coerência ou similitude entre cristal e substância orgânica, ou pela relação epitaxial); 3) o crescimento cristalino por biomineralização ocorre a baixa temperatura, tal como em solução aquosa superficial (pressão de 1 atm e temperatura ambiente), o que sugere grande probabilidade de neoformação no estado amorfo, em fases de baixa cristalinidade ou fases metaestáveis, que podem ser precursoras de fases mais estáveis e evoluídas; 4) algumas neoformações ficam circunscritas a barreiras fisiológicas do organismo podendo constituir, ou não, uma determinada função, exprimindo texturas específicas, noutros casos, podem prolongar-se a células ou organismos vizinhos, formando texturas de ordem superior, entre agregados cristalinos.

Existem muitas espécies minerais que podem decorrer de fenómenos de biomineralização: carbonatos (calcite, aragonite, siderite), óxidos (magnetite), sulfuretos (pirite, blenda, mackinawite), sulfatos (jarosite, Fe-jarosite, gesso), todas as espécies citadas podem precipitar na presença de bactérias ou organismos vivos com afinidade para ambientes geoquímicos complexos (Sunagawa, 2005). Apresentam-se agora três estudos sobre neoformações minerais com estreita associação a substratos vegetais e matéria orgânica.

#### V.3.4.1.1. Neoformação de Pirite em micro ambientes redutores

Numa amostragem de produtos metaestáveis, sobre substratos vegetais, na dependência do Ribeiro do Poço Negro (Rodrigues, 2010) foram identificados, em observação petrográfica, neoformações minerais e produtos de evolução supergénica confirmando-se a evolução e mineralização de diferentes suportes orgânicos. Os locais de colheita ao longo do Ribeiro do Poço Negro incidiram sobre estações com maior acumulação de restos vegetais. Registaram-se as seguintes condições no ambiente de colheita deste material, Estação V7: temperatura da água (15,9°C), CE (2240  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), pH (3,14) e Eh (411mV). Nestes locais é possível reconhecer ambientes de precipitação de óxidos de Fe que incorporam o material orgânico e potenciam a neoformação, sob condições redutoras muito circunscritas.

Combinando a metodologia de difração de RX e a observação em MOLR, foi possível compreender uma sequência paragenética de neofomações, com dois estados evolutivos principais: **goethitização** de tecidos vegetais parenquimatosos e **piritização** de feixes vasculares, fibrosos (floémicos ou xilémicos) circunscritos nos tecidos pré-mineralizados (Figura V.177).



**Figura V. 177.** Material vegetal mineralizado: **A** – goethitização (GOE) de tecido parenquimatoso em paliçada (Ampliação 20x); **B** – pirite neoformada (PIR) em microambiente redutor em feixe condutor, circunscrito à matriz de goethite (Ampliação 50x) (Rodrigues, 2011).

#### V.3.4.1.2. Precipitação de hidróxidos de Fe e coalescência de particulado denso

Ao longo do curso de água do Poço Negro, os ambientes em que existe maior acumulação de restos vegetais, como ramos e folhas, proporcionam ambientes de precipitação de óxidos e hidróxidos de Fe, que acabam por evoluir para crustificações e estruturas, morfologicamente semelhantes a espeleotemas (Figura V. 178). Estruturas similares foram descritas em galerias com percolação de fluidos, ao longo de encaixantes ou depósitos ricos em sulfuretos (Figura V.24, atrás).



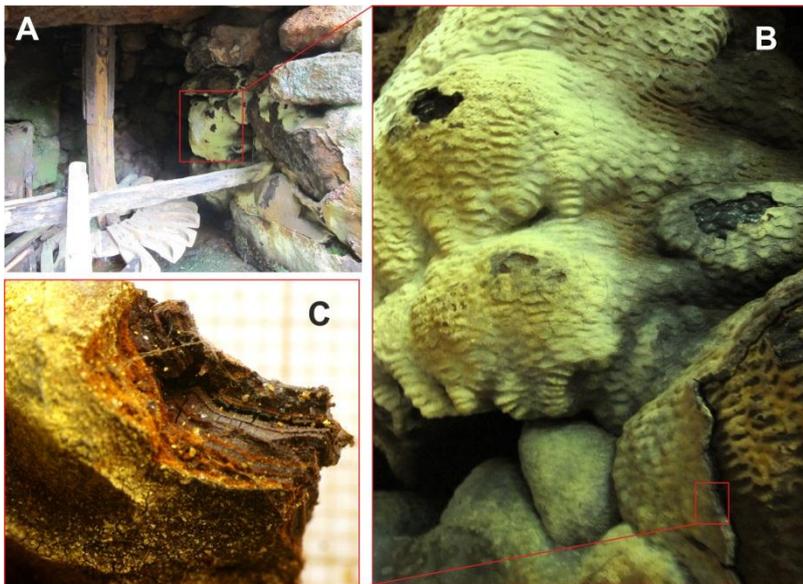
**Figura V. 178.** Espeleotemas em zona de acumulação de materiais vegetais próximos das margens do Ribeiro do Poço Negro (Estação V5): **A** – ramos e folhas como suportes de precipitação de óxidos de Fe que estruturam estalactites; **B** – espeleotemas desenvolvidos com espessamentos superiores à estrutura tubular da estalactite, talude marginal com vestígios de proliferação de algas filamentosas; **C** – secção longitudinal de estalactite, corte realizado na zona de gotejamento; **D** - secções em corte transversal de estalactite (1, 2, 3), corte realizado na zona de espessamento superior (4); secções em corte longitudinal de estalagmite goethítica (5) e jarosítica (6).

A formação deste tipo de estruturas, precipitadas ao longo de zonas de gotejamento, é muito conspícua no ambiente de drenagem ácida do Poço Negro. O regime de escoamento turbulento e o declive acentuado de alguns troços, promove o arrastamento e aprisionamento de restos vegetais que servem de substrato a precipitados de óxidos de Fe, que vão desenvolver-se de forma concêntrica, cromaticamente distinta e mineralogicamente variada.

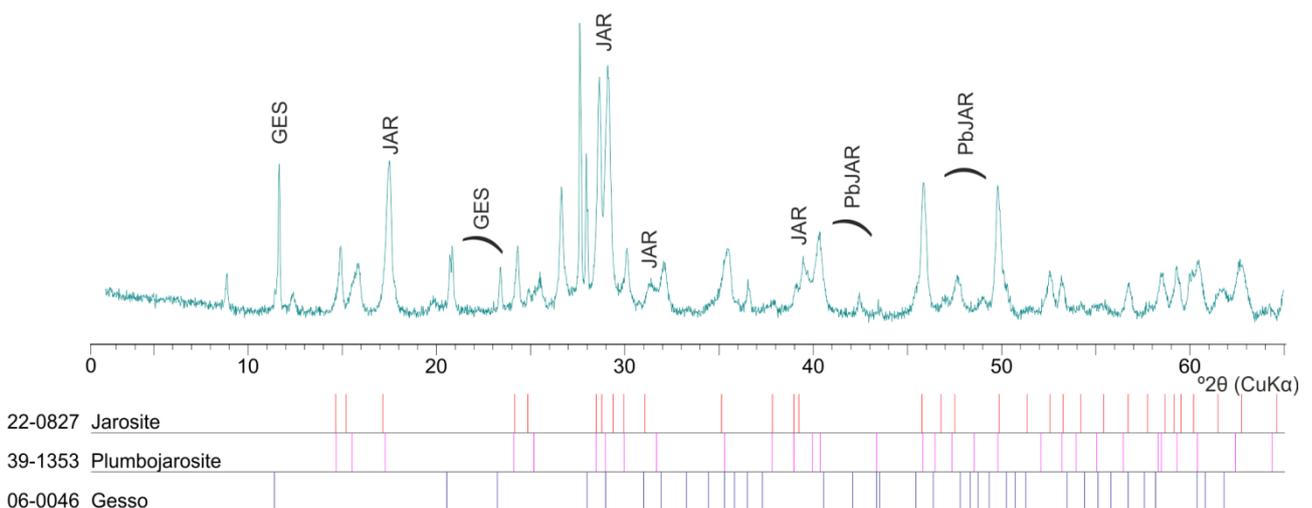
No que respeita à sua constituição, incluem tal como as crustificações ferralíticas fracções diferenciadas (fracção detrítica herdada, neoformada e cimento neogénico) que, neste caso ainda admite conteúdos de matéria orgânica, tecidos vegetais parcialmente decompostos a mineralizados, que constituem o núcleo ou eixo das estruturas estalactíticas.

Mediante as zonas de ocorrência, reconheceram-se estruturas cromaticamente muito distintas: em zonas com concentrações mais elevadas em Fe, as estalactites incluíam goethite, lepidocrocite e diadoquite (cores castanhas avermelhadas, amareladas, tais como na **Figura V. 178**). Zonas com concentrações mais elevadas em anião sulfato, menor quantidade de água e ambientes mais resguardadas, formam-se espeleotemas com sulfatos (jarosite + gesso), sobre substratos rochosos (**Figura V. 179**). Nestas zonas, destaca-se o intenso cheiro sulfúrico e precipitações amarelas, esverdeadas ou brancas, pulverulentas e friáveis.

Foram amostradas algumas destas estruturas – estalactites e estalagmites - e realizados cortes transversais após impregnação com resinas e endurecedores. Os ensaios de corte e polimento revelaram-se pouco eficazes dada a friabilidade e fragilidade do material.



**Figura V. 179.** Espeleotemas jarosíuticos, em edifícios (azenhas) implantados no curso de água receptor da escombreira de cinzas (anexa à oficina de beneficiação e ustulação): **A** – enrocamento com precipitados pulverulentos que revestem as zonas mais resguardadas do antigo edifício de aproveitamento, **B** – morfologias típicas de percolação e gotejamento - espeleotemas - com deposições em camadas quebradiças e pouco espessas, protuberâncias incipientes do tipo estalactite e estalagmite, com espessamentos concrecionais; **C** - fragmento de estalactite com distinção de bandas ocre, friáveis e pulverulentas na camada exterior.



**Figura V. 180.** Difractograma de RX sobre pós da camada exterior da estalactite (**Figura V. 178**). Fichas JCPDS: 22-0827 (jarosite), 39-1353 (plumbojarosite) e 06-0046 (gesso). Picos dos minerais da base de dados ICDD.

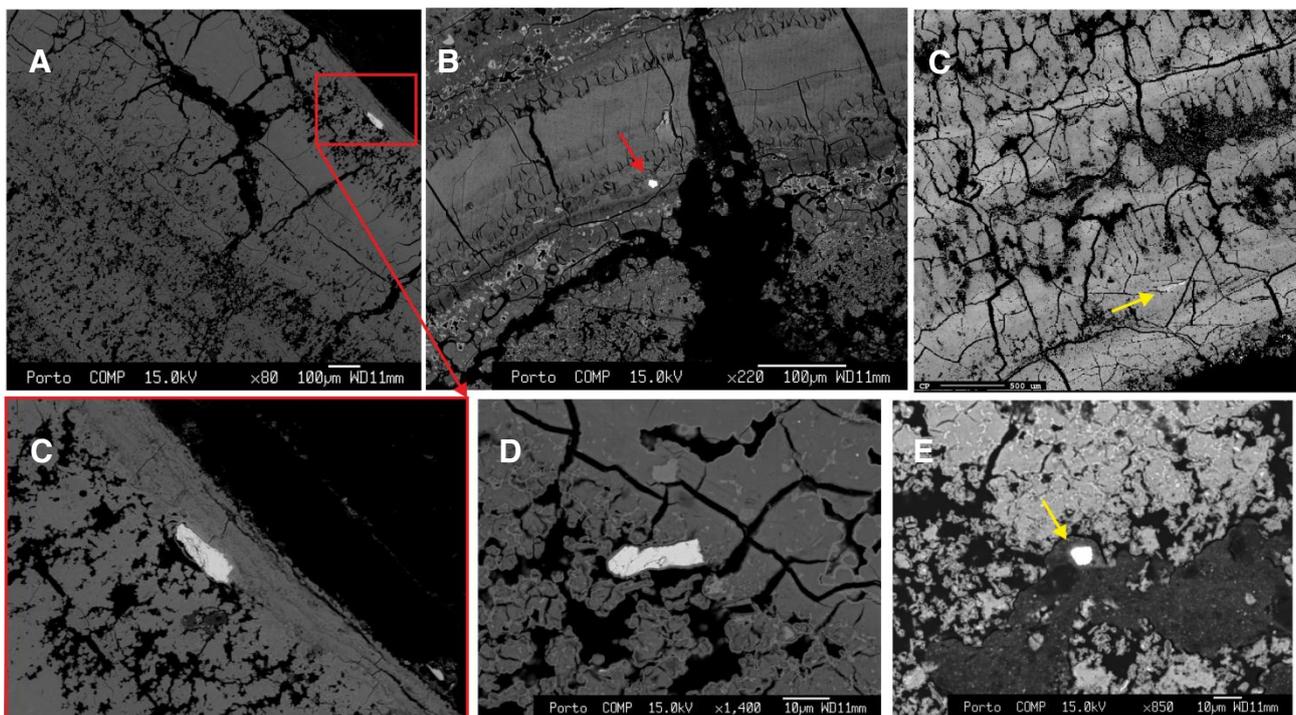
Procedeu-se à selecção e individualização de alguns anéis, cromaticamente distintos, para identificação em DRX, no sentido de reconhecer a mineralogia do cimento, e bem assim, os minerais da fracção herdada e, eventualmente, neoformada. Os precipitados concêntricos, de ambas as composições (goethítica e jarosítica), apresentavam alguns dos seus anéis silicificados, finos, frágeis e quebradiços. Em observações à LB e em MOLR, discriminaram-se fases minerais nas interfaces de camadas cromaticamente distintas, e ainda, no interior de algumas camadas, constituindo uma zona de espessamento da camada. Entre os minerais discriminados inclui-se scheelite, volframite, granada, anfíbolos e quartzo.

Alguns dos cortes realizados em estalactites (Figura V. 181), analisados em MSE, revelaram particulados de volframite, scheelite e ouro, em posições próximas da interface inter-lamela e em zonas nucleares, contíguas às estruturas vegetais centrais.



**Figura V. 181.** Seções em corte de estalactites e estalagmites ocre do EMA de Valdearcas: **1, 2 e 3** – estalactites de zonas resguardadas do canal de escorrência principal do Ribeiro do Poço Negro, incluem ainda núcleo/substrato primário (ramo). **4** – estalactite composta, com uma zona nuclear central e alargamentos sem núcleo definido (substratos vegetais), e material detritico fino, de baixa consistência, revestido por uma camada de óxidos de Fe consolidada e irregular. **5 e 6** – secções longitudinais de estalagmites composicionalmente distintas, uma goethítica, com maior coalescência ou fixação de particulado detritico (5); outra jarosítica, com superfície pulverulenta e textura muito porosa (6).

Em imagens de MEV-ER, pode reconhecer-se, em contraste de fases, fragmentos de scheelite e volframite coalescidos na matriz de óxidos de Fe. As secções (Figura V. 182 C e D) de metais densos (scheelite) revelam um bordo reaccional uniforme, no entanto, internamente, não apresentam zonalidade.



**Figura V. 182.** Imagens MEV-ER de secções transversais de estalactites: **A e D** – scheelite no bordo exterior; **B e F** – scheelite numa zona de inter-banda incorporada em material texturalmente globular e bandado; **C** – secção longitudinal da estalagmite com figuras de fissuração e dilatação; **E** – volframite próxima da camada de óxidos de Fe, marcas da secção do material com fissuração e figuras de dilatação.

Em análises pontuais à MSE, os conteúdos em  $WO_3$  variam entre 77,73 e 77,41 wt % (Figura V. 182 B). Relativamente a espeleotemas jarosíticos, com cimentos de sulfatos de Fe e Pb (Figura V. 185), é possível reconhecer zonas preferenciais para a adesão/preenchimento de particulado micrométrico - bandas com composições S, P e Fe, possivelmente de diadoquite, que estão marcadas por fracturas e zonas de dilatação dos cimentos, por seu turno, zonas eficazes de aprisionamento de detritos finos e ultrafinos.

Nos mapas de RX pode reconhecer-se uma zonalidade oscilatória para o Fe e O (tratando-se de um óxido ou hidróxido de Fe). Está presente um núcleo vazio (removido nas operações de corte e impregnação) ocupado por material vegetal com uma superfície rugosa cuja marca estará impressa nas primeiras bandas de precipitação. Nestas bandas há uma proliferação de óxidos indiferenciados que fica incorporada numa segunda banda, com algum conteúdo em P.

A banda mais próxima do material vegetal tem conteúdos relativamente residuais de S, que promovem o espessamento irregular da banda (Figura V. 183). No que respeita a este conteúdo, as bandas exteriores são também enriquecidas, mas mais uniformemente.

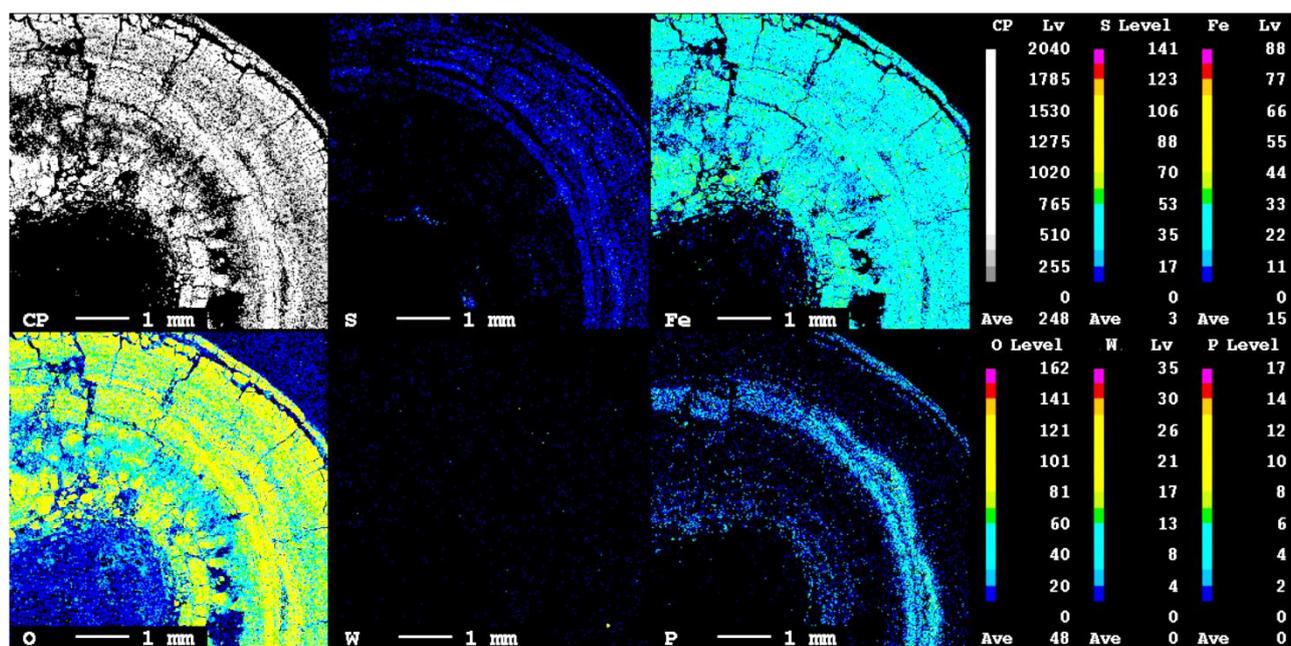


Figura V. 183. Mapas de difracção de RX obtidos em MSE, representativos na zonalidade composicional concêntrica de uma estalactite ocre (secção transversal), contraste de S, Fe, O e P, dispersão de pontuações com baixo conteúdo <1% de W.

Numa amostra (Figura V. 184) foram detectados partículas ultra-finas de Au, de secção <math>1 \mu m</math>, associada a fracturas transversais à zonalidade, preenchidas por óxidos de Fe e materiais com mais elevado contraste de fases. Pode assim dizer-se que a ocorrência do Fe nestas estalactites tem formação tardia. Uma outra partícula de Au foi detectada na zona nuclear em interface com os restos vegetais (eventualmente mineralizados).

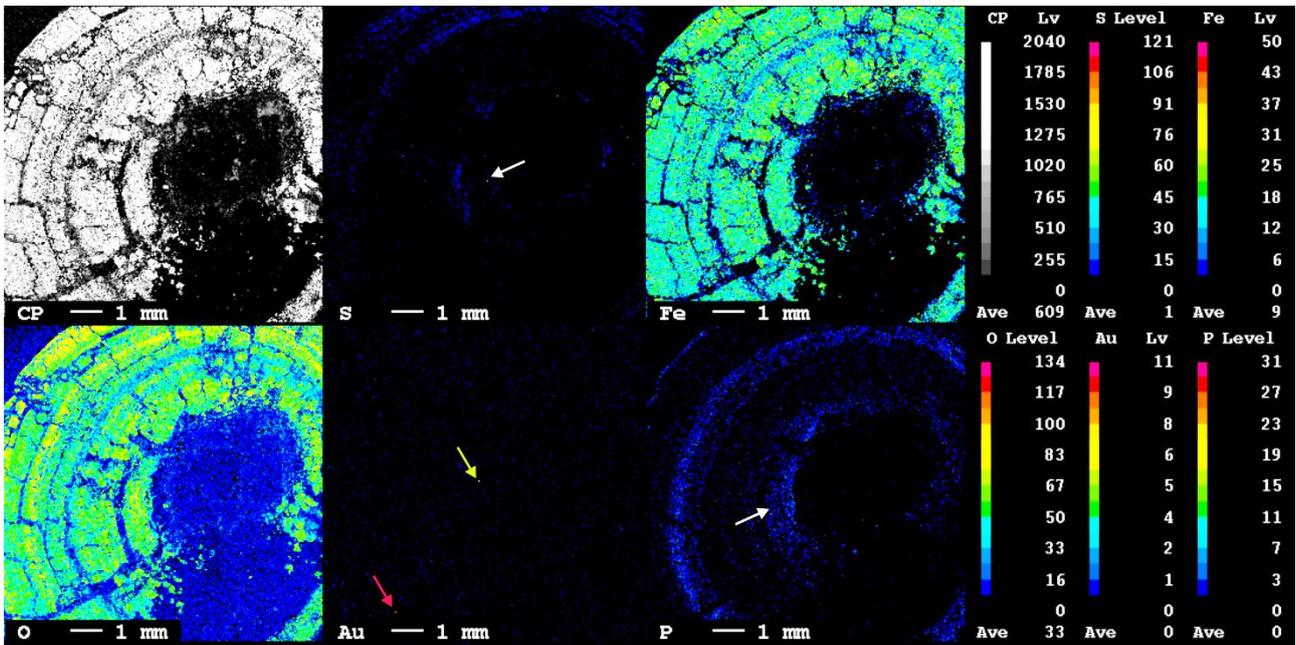


Figura V. 184. Mapas de difração de RX obtidos em MSE, representativos na zonalidade composicional concêntrica de uma estalactite ocre (secção transversal), contraste de Fe, O, P e S, particulado ultra-fino de Au.

Consideram-se os processos de adesão de partículas como os minérios-densos, associados a matrizes crustificadas (cimentos e fracções neoformadas), com competência de aprisionamento de grãos supramilimétricos (Figura V. 183, Figura V. 184, Figura V. 185). Registou-se na associação de precipitados de óxidos de Fe a suportes vegetais em decomposição (que nucleiam estalactites ou evoluem para estratos vegetais mineralizados) uma ocorrência mineral neoformada de morfologias de crescimento livre, de ouro.

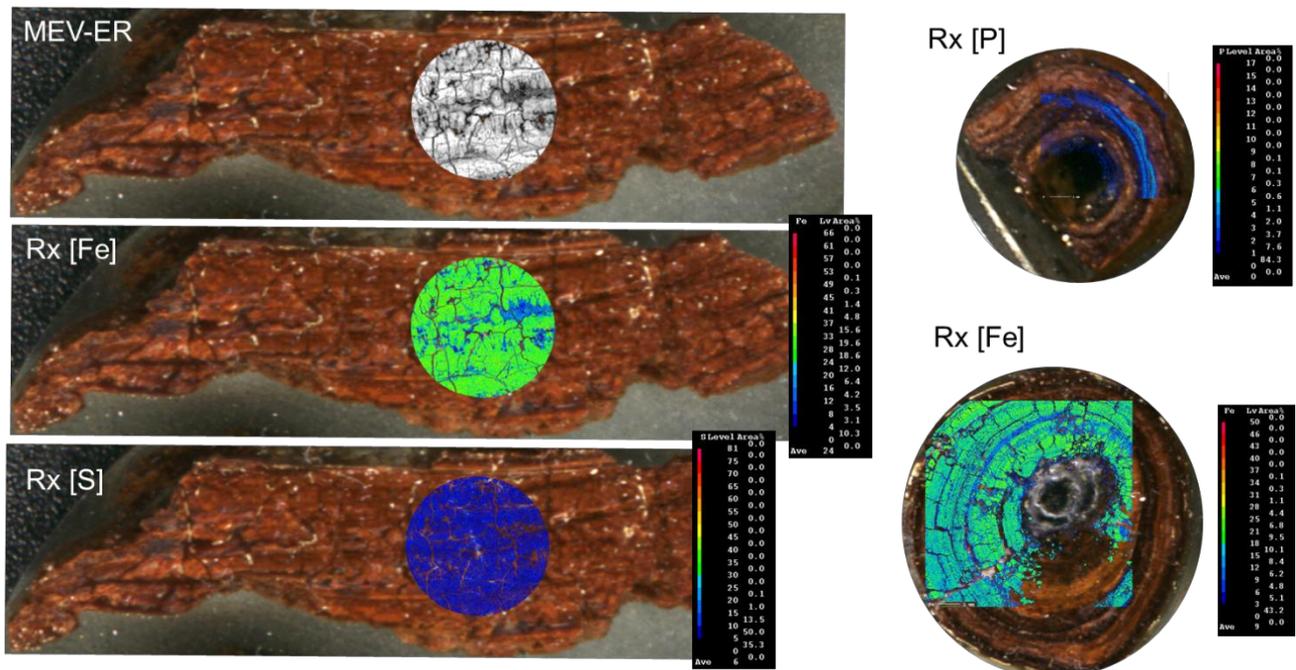


Figura V. 185. Sobreposição dos mapas de RX relativos à distribuição de Fe, S e P sobre cortes transversais de estalactites e corte longitudinal de uma estalagmite.

### V.3.4.1.3. Deposição de ouro em substratos vegetais mineralizados

Em ensaios sobre material vegetal, concretamente folhas de diferentes espécies arbóreas e caules de espécies arbustivas (Faria, 2011) sujeitos a impregnação e polimento, observaram-se, em MOLR, porções mineralizadas dos tecidos vegetais e revestimentos precipitados multiminerálicos, com características de microcrusta e argilização.

Em amostras submetidas a análise em MEV, distinguiu-se, além de um cimento neoformado, fracções detriticas sub-milimétricas – filossilicatos, óxidos e sulfatos de Fe (Figura V. 186).

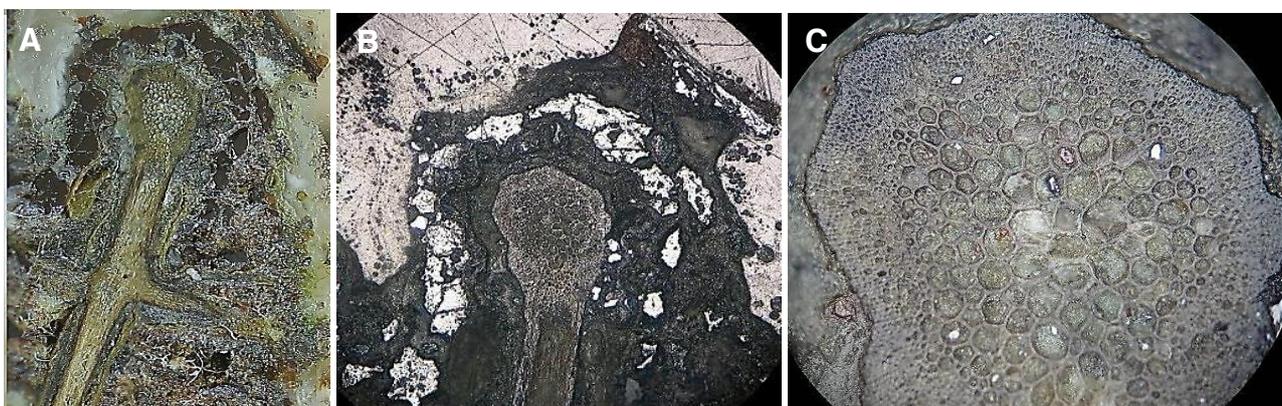


Figura V. 186. Corte transversal de um ramo de Tojo com micro-secções mineralizadas: A – imagem em LB (ampliação 4x); B – imagem MOLR (ampliação 5x); C – imagem MOLR (ampliação 20x).

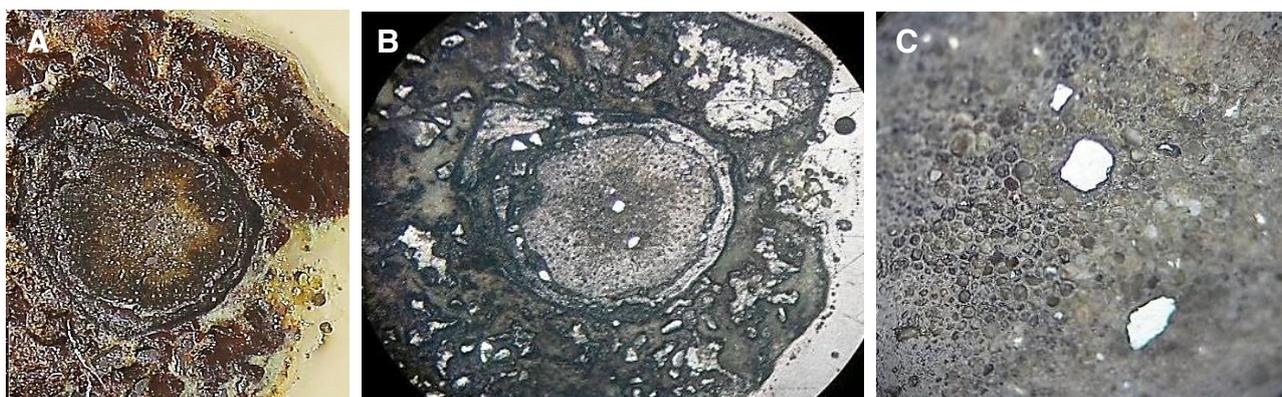


Figura V. 187. Corte transversal de um ramo de Carvalho com micro-secções mineralizadas: A – imagem em LB (ampliação 5x); B – imagem MOLR (ampliação 5x); C – imagem MOLR (ampliação 20x).

É de destacar a presença de compósitos de Au com morfologias arborescentes, colofórmicas e framboidais (Figura V. 189). Pela morfologia típica de uma estrutura incipiente, esta ocorrência tem carácter neoformado circunscrito, possivelmente, associado a um organelo vegetal secretor.

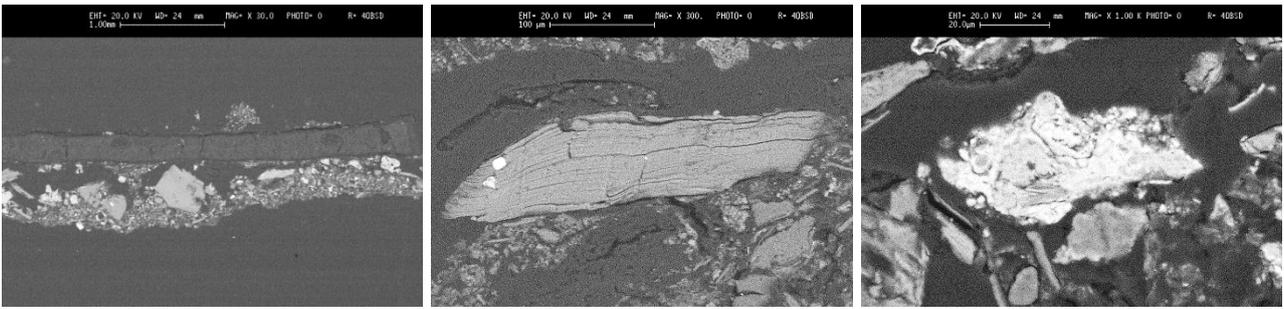


Figura V. 188. Corte longitudinal de uma folha de eucalipto com precipitados de óxidos de Fe e material detritico aprisionado (microcrustificação): A - secção folha + microcrustificação; B - filossilicato com inclusões detriticas (zircão); C - sulfato de Fe na matriz da microcrustificação.

Os tecidos que constituem glândulas secretoras, na epiderme de diversas plantas, libertam substâncias constituídas por cloreto de sódio, ou ainda, outros sais e mucilagens (glândulas salinas) para o exterior da estrutura vegetal, permanecendo na sua superfície ou para espaços intracelulares. Estes produtos excretados podem constituir resíduos eliminados pela planta ou integrarem mecanismos/respostas vitais para o desenvolvimento vegetal, como o caso das fito-hormonas.

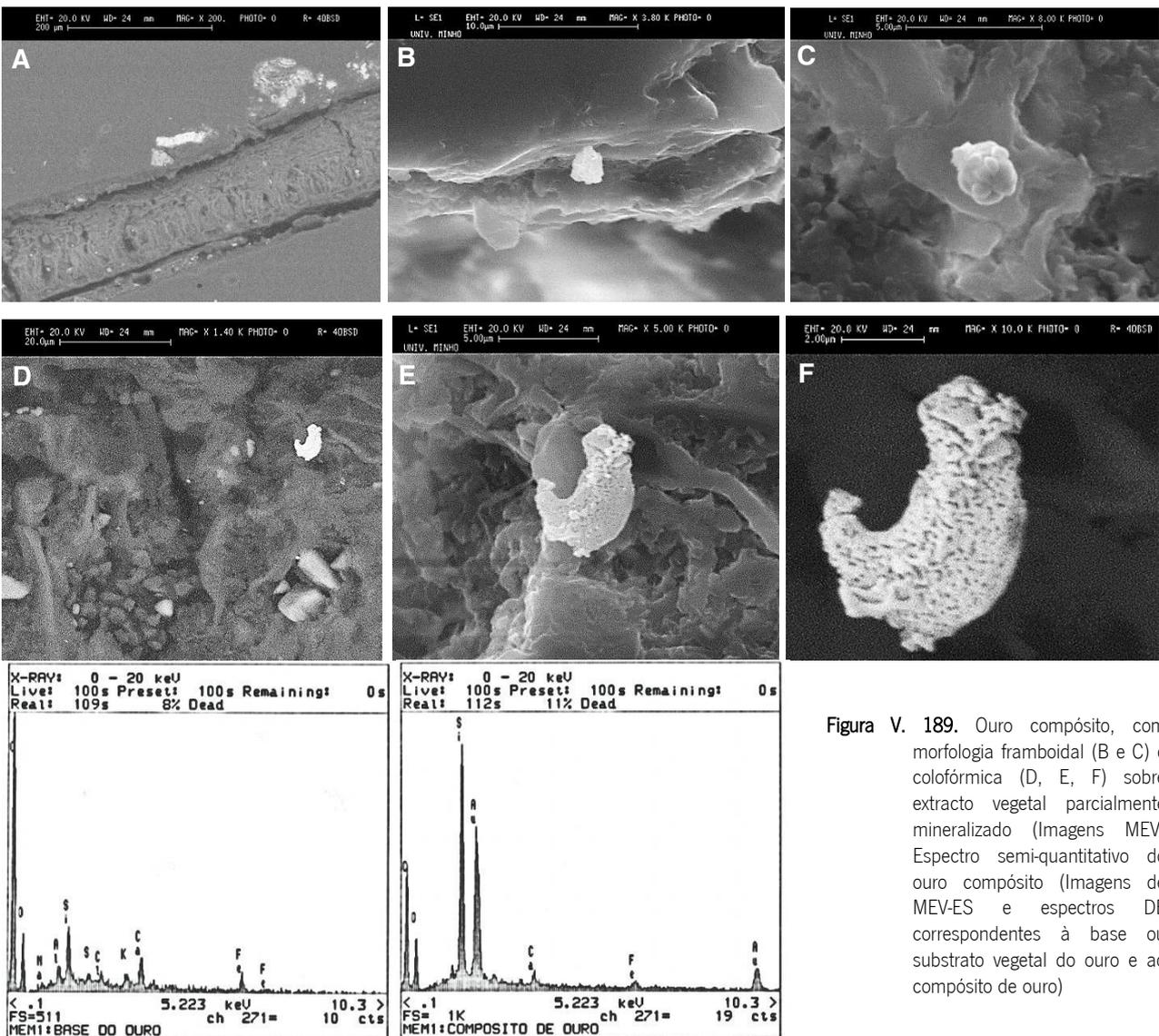


Figura V. 189. Ouro composto, com morfologia framboidal (B e C) e coliformica (D, E, F) sobre extracto vegetal parcialmente mineralizado (Imagens MEV) Espectro semi-quantitativo do ouro composto (Imagens de MEV-ES e espectros DE correspondentes à base ou substrato vegetal do ouro e ao composto de ouro)

Na interface vegetal-mineral reconheceram-se as seguintes situações:

- Matrizes mineralizadas com menor textura fibrosa (goethitização);
- Espaços intra-fibrosos, constituindo microambientes redutores, com neoformação de sulfuretos;
- Precipitação/deposição de óxidos e hidróxidos de Fe em sequências bandadas oscilatórias (espeleotemas), com nucleação de estruturas vegetais tipo ramo;
- Aprisionamento, coalescência e assimilação de particulado denso em interfaces discriminadas – matéria orgânica-precipitados ocres (Au, volframite), precipitado-precipitado (scheelite, volframite);
- Espaços vaculares intralamelares preenchidos fracções detriticas densas, com maior resistência à alteração química (zircão, volframite).
- Tecidos vegetais, eventualmente com funções secretoras e com substratos rugosos a estriados, com protuberâncias reticuladas, com neoformação de Au.

#### V.3.4.2. Fenómenos concentradores de Au supergênico em ambientes secundário - referências bibliográficas

O Au é conhecido pela sua inércia em ambientes superficiais podendo verificar baixa cristalinidade, ocorrendo fora dos domínios de equilíbrio teórico (Boyle, 1979). Na sua precipitação Reis (1997) sugere que o transporte pode ser realizado sob a forma de complexos. O Au no estado sólido - Au<sup>0</sup> - é de elevada estabilidade, em soluções aquosas os estados de oxidação I e III são muito instáveis e complexam-se com ligandos como Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, (CN)<sup>-</sup>, (S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sup>-</sup>, ou com matéria orgânica [Krauskopf (1951); Cloke e Kelly (1964); Baker (1978), Mann (1984), Webster e Mann (1984)]

A solubilização do Au com formação de cloretos, tiosulfatos, humatos implica condições físico-químicas extremas, ou seja, hiper-oxidantes, hiper-ácidas. Estas condições podem ser encontradas em microambientes e a sua expressão tem carácter localizado, verificando-se fenómenos de remobilização e reprecipitação geralmente próximos da fonte primária (Freyssinet, 1987).

A presença de sulfuretos na paragénese de um depósito, pode associar-se à mobilização do Au, especialmente em ambientes com potenciais tampões minerais como carbonatos, a estas situações o Au aparece geralmente remobilizado como tiosulfato. A presença de óxidos de Mn – goethite - parece favorecer a mobilização de Au (Reis, 1997).

A mobilização do Au pode ainda ocorrer sob a forma de coloidal e da matéria orgânica (Ong e Swanson, 1969; Machesky *et al.* 1992), ou então pelos óxidos de Fe (Enzweiler e Joekes, 1991) ou nas águas superficiais (McHugh, 1988). Tende a formar partículas finas e maleáveis, sendo por isso altamente resistente à cominuição. Alguns estudos que afirmam a dispersão hidromórfica do Au em ambiente supergênico (McHugh, 1988). Os processos químicos juntamente com os processos mecânicos contribuem para a formação de halos de dispersão secundária do Au. O balanço entre os dois processos depende de condições climáticas, de configuração topográfica, bem como da paragénese primária.

A detecção do Au nos óxidos-hidróxidos de Fe supergênicos aponta a hipótese destes desempenharem um papel importante na fixação do Au no solo. Este fenómeno pode ser explicado através de um processo de heterocoagulação. Assumindo a forma coloidal do Au mobilizado, uma interacção electrostática gerada entre a carga superficial negativa do

Au e a carga positiva dos óxi-hidroxidos de Fe resulta na adsorção do primeiro pelos segundos, seguida de fenómenos de coagulação mútua (ou heterocoagulação) dado que a partícula resultante terá maior peso e menor carga superficial.

**Mateus e Gonçalves (1993)** estudaram a influência de paragénese primárias sobre a mobilidade do ouro em ambientes supergénicos segundo perfis de paleo-alteração em ocorrências de Au portuguesas, em especial as minas de França (Bragança). Analisaram reacções que descrevem processos de solubilidade e precipitação de ouro para as condições climáticas em Portugal. O fenómeno de individualização pode ser explicado pela solubilização do Au em complexos de tiosulfato, estabilizados na presença de siderite na paragénese primária (a alteração da arsenopirite para scorodite cristalina deve atestar a imobilidade do ouro). Os perfis de alteração observados em afloramento de depósitos de ouro em climas áridos e tropicais mostram que o ouro é móvel em ambientes supergénicos. A sua mobilização dos níveis superiores lixiviados e reprecipitação próxima do nível freático está bem documentada em vários depósitos (**Mann, 1984; Butt, 1989; Benedetti e Boulègue, 1991; Zeegers e Leduc, 1991**).

Estudos experimentais sobre a geoquímica do Au (**Webster, 1986; Processa e Seward, 1989; Vlassopoulos e Wood, 1990; Vlassopoulos *et al*, 1991; Peck *et al*, 1991; Krupp e Weiser, 1992**), sublinharam a importância de alguns ligantes, principalmente: cloreto (Cl), tiosulfato ( $S_2O_3^{2-}$ ), hidroxilo (OH), e alguns ácidos orgânicos (ácidos fúlvicos e húmicos) na solubilidade e transporte de Au, a sua estabilidade depende principalmente do pH e Eh.

Tendo em conta as condições de oxidação em ambiente supergénico, os complexos de cloreto de ouro são estáveis para condições ácidas, enquanto o complexo de tiosulfato é estável em condições alcalinas ou próximas da neutralidade. Nos dois casos, a hidrólise destes complexos em soluções aquosas pode ocorrer fora do seu domínio de estabilidade e em condições de ambiente alcalino (**Mateus e Gonçalves, 1993**).

Os fenómenos geoquímicos supergénicos, produzem preferencialmente complexos de cloreto de ouro, em vez de complexos de ouro tiosulfato (**Mateus e Gonçalves, 1993**). A eficiência deste processo implica forte aridez, não compatível com a evolução paleoclimáticas em Portugal. O ouro deverá permanecer em níveis de maior alteração, como fase mineral residual, junto com hidróxidos de Fe (**Machesky *et al*, 1991**). Em climas mais húmidos, compatíveis com o caso português, os complexos de tiosulfato de ouro podem decorrer de processos supergénicos, com a alteração de outros minerais primários, como carbonatos, que inibem o aumento da acidez, esta causada pela alteração gradual de sulfuretos. Neste caso, a mobilização de ouro pode ocorrer no decurso das primeiras etapas de alteração dos sulfuretos, desde que estejam presentes os carbonatos. A ausência de scorodite poderia ser utilizada como um critério macroscópico para inferir sobre estes processos químicos. Durante o desenvolvimento do perfil de alteração a migração e subsequente instabilidade de complexos de tiosulfato de Au pode ocorrer muito rapidamente, devido à elevada permeabilidade.

**Mann, 1984 e Butt, 1989** referem que o transporte de Au/Ag pode ocorrer por meio da acção de complexos de cloreto. As partículas reprecipitadas de *electrum* são de elevada pureza (> 99,5% em peso de Au) e morfologicamente filiformes. **Krupp e Weiser, 1992** referem que quando os complexos de tiosulfato são predominante na solubilização de ouro espera-se, teoricamente, um maior teor de Ag em partículas de *electrum* reprecipitado.

### V.3.5. GEOQUÍMICA, TEXTURA E MINERALOGIA DE SEDIMENTOS DE LEITO

O estudo hidroquímico preconizado pela análise das concentrações de elementos maiores e vestigiais nas águas amostradas em cada Estação, ao longo do período 2007-2011, apoia a caracterização de sistemas contaminados por materiais de origem mineira com elevada reactividade. As observações no ecossistema, bem como as marcas/consequências de evolução geoquímica e mineralógica em organismos vivos, substratos vegetais ou matéria orgânica, permitem reconhecer a dispersão do impacte ambiental causado pela escombreira de Valdarças, entretanto reabilitada. Reconheceu-se ainda, entre o ambiente aquoso e o substrato vegetal, uma relação química com expressão mineralógica associada a fenómenos de aprisionamento e neoformação.

Pode dizer-se que a concentração hidroquímica tem reflexos na componente sedimentar dos cursos de água mais afectados e sobre esta existe uma influência significativa por parte de organismos e restos vegetais acumulados no curso de água. A caracterização do material sedimentar presente no fundo do leito vem complementar a identificação da fonte de concentração/difusão hidroquímica.

Foram amostrados sedimentos em três campanhas (09/2008, 02 e 09/2009) nas mesmas estações em que se realizou a colheita de água. A análise química de sedimentos foi realizada apenas às amostras das campanhas de 09/2008 e 09/2009, seguindo os procedimentos indicados no **Capítulo II – Figura II.10**.

O estudo dedicado aos sedimentos de leito, em sistemas de elevada reactividade paragenética e forte interacção mineral – água, inclui: **1)** análise química sedimento - água; **2)** análise textural e granulométrica de sedimentos de leito; **3)** identificação mineralógica da fracção < 20 µm.

#### V.3.5.1. Análise química e razão de concentração sedimento-água

Os dados de análise química de sedimentos e água foram projectados em gráficos que se organizaram tendo em conta os principais ambientes de drenagem:

- 1) Estações no Rio Coura mais afastadas do foco de dispersão (**Figura V.190**);
- 2) Estações na zona de confluência e proximidade (**Figura V.191**);
- 3) Estações no Ribeiro do Poço Negro no troço superior (**Figura V.192**);
- 4) Estações do Ribeiro do Poço Negro no troço médio e inferior (**Figura V.193**);
- 5) Estações na Ribeira de Santa Justa e no Regato de Água Levada (**Figura V.194**).

As observações que acompanham cada um destes gráficos incidem sobre conteúdos químicos mais altos e discriminantes entre sedimentos e água. Os elementos a que se fará menção possuem, preferencialmente, significado ambiental, integrando neoformações, minerais de argila, gipsite, entre as associações minerais identificadas para os ambientes em apreço (abordadas na rúbrica seguinte).

No Rio Coura, para estações mais afastadas do fulcro de contaminação (C1, C11, C12), nas campanhas de amostragem de sedimentos de 09/2008 e 09/2009, reconheceram-se conteúdos de elementos maiores similares entre as estações (Al, Fe, Mg e K). Os elementos Ca, Mn, P, Ti e S apresentam uma ordem de grandeza equivalente (Figura V. 190), destacando-se em 09/2009, na estação C12, uma maior percentagem de Mn. Quanto às concentrações dos elementos maiores na água, designadamente de Al e Mn, estas são ultrapassadas pelos teores de Ca e Na.

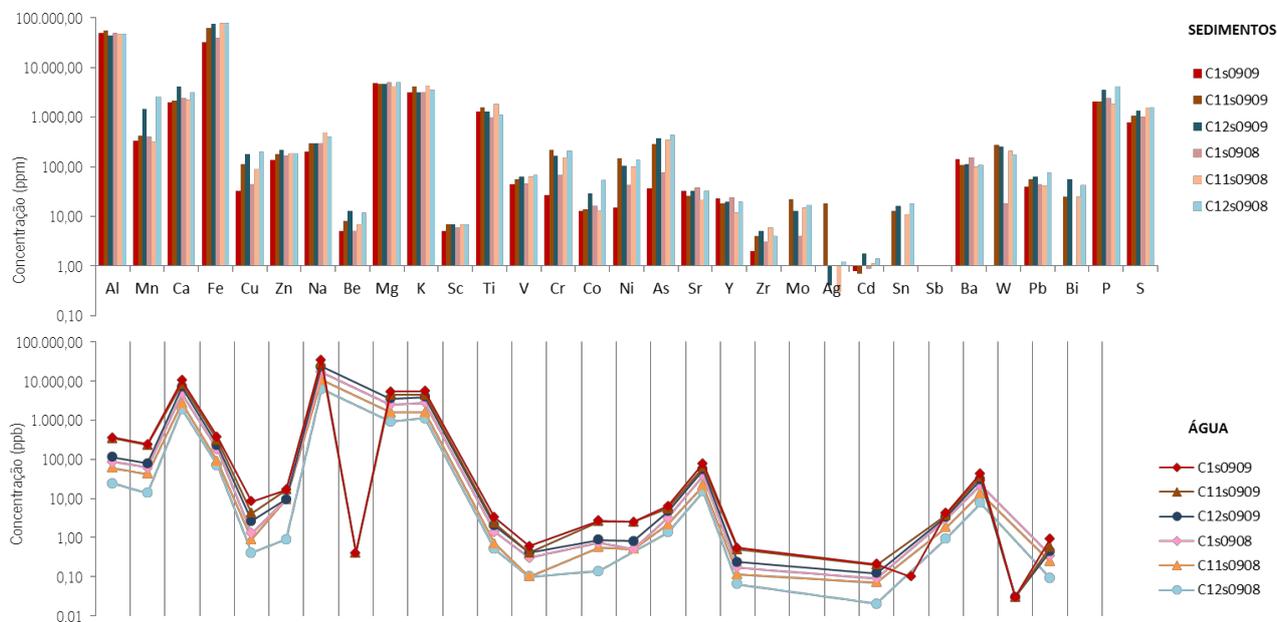


Figura V. 190. Comparação dos conteúdos químicos nos sedimentos de leito, no Rio Coura (fracção <math><20\mu\text{m}</math>) e na água - Estações C1, C11 e C12, Campanhas de Setembro de 2008 (09/08) e Setembro de 2009 (09/09).

Quanto aos metais pesados verifica-se uma ligeira prevalência do Zn e do Cu nos sedimentos, sendo que os seus conteúdos não alteram significativamente entre 2008 e 2009. Na água, os valores de Cu em 2008 são bastante inferiores, em Vilar de Mouros (C12), apenas o Zn apresenta uma concentração muito menor em 2008 (Figura V.190).

Registaram-se concentrações de Ti relativamente altas nos sedimentos, sem grande variação espacial ou temporal, na mesma ordem de grandeza que o conteúdo de Ca.

As concentrações de P e S nos sedimentos apresentam valores elevados, sobretudo contabilizando na água os aniões fosfato (abaixo do limite de detecção 0,03ppm) e anião sulfato (1,8 a 4,1ppm). Também são de notar as concentrações elevadas em As, Ba e W (excepto em C1 para o As e o W).

As estações no Coura mais próximas do fulcro de contaminação (Figura V.191) apresentam teores altos em Fe e Al, enquanto Ca e Mn têm menor expressão nos sedimentos. Na água predominam conteúdos de Al, Ca e Na.

As variações anuais estão bem expressas e com proporções constantes para o Al, o Mn, o Ca, o Na e o K que apresentam concentração menor em 2009, contrariamente ao Fe. Para a generalidade dos elementos maiores, as concentrações na água em 2008 são menores que em 2009. Nos sedimentos, os conteúdos mais altos em Al, Mg, K e Ti estão nas amostras de C6, mais jusante do foco de dispersão.

Os conteúdos em As apresentam-se mais altos em 2008, sobretudo na Estação C4'. Nesta, os conteúdos observados em P e S, nos sedimentos, são mais altos e com maior concentração em 2008, tal como a concentração de W nas estações C6 e C4'. Os metais Ni, Co, Cr e V apresentam concentrações muito mais elevadas nos sedimentos em 2008, enquanto na água, com excepção do Cr, os seus conteúdos são mais altos em 2009.

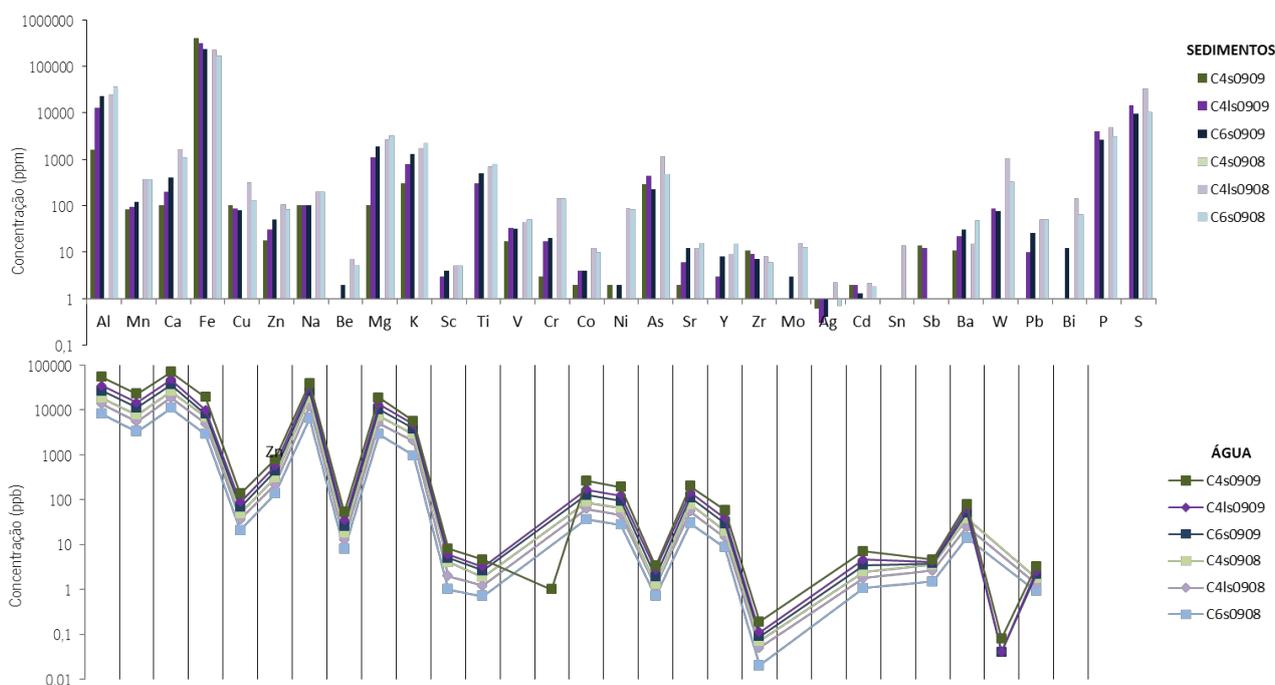


Figura V. 191. Comparação dos conteúdos químicos nos sedimentos de leito no Coura - zona de confluência do Ribeiro do Poço Negro (fracção <20µm) e na água - Estações C4, C4' e C6, campanhas de Setembro de 2008 (09/08) e Setembro de 2009 (09/09).

No ambiente mais próximo da escombreira (Figura V.192) pode verificar-se nos sedimentos a prevalência de  $Fe > S > Al > W > Ca > As$ . Entre estes elementos verifica-se um ligeiro incremento em 2009, com excepção do Ca e do Al. Na água a concentração de Ca é maior em 2009, tal como o Al e os restantes elementos analisados nestas estações.

A concentração de W nos sedimentos é mais alta na Estação 05A, e igualmente na água. Já na Estação V4 verifica-se um decréscimo deste elemento de 2008 para 2009.

Os conteúdos de As, tal como dos metais Cu e Zn, encontram-se em elevadas concentrações nos sedimentos, sobretudo em 2008 (destaque para o Cu e As na Estação 05A), enquanto na água os conteúdos são mais altos em 2009, mais significativamente para o Cu (05A). O teor de Pb, também em 05A na água, é muito alto relativamente às outras estações e, tal como Bi, Cu, As, Ti e P, aumenta de 2008 para 2009.

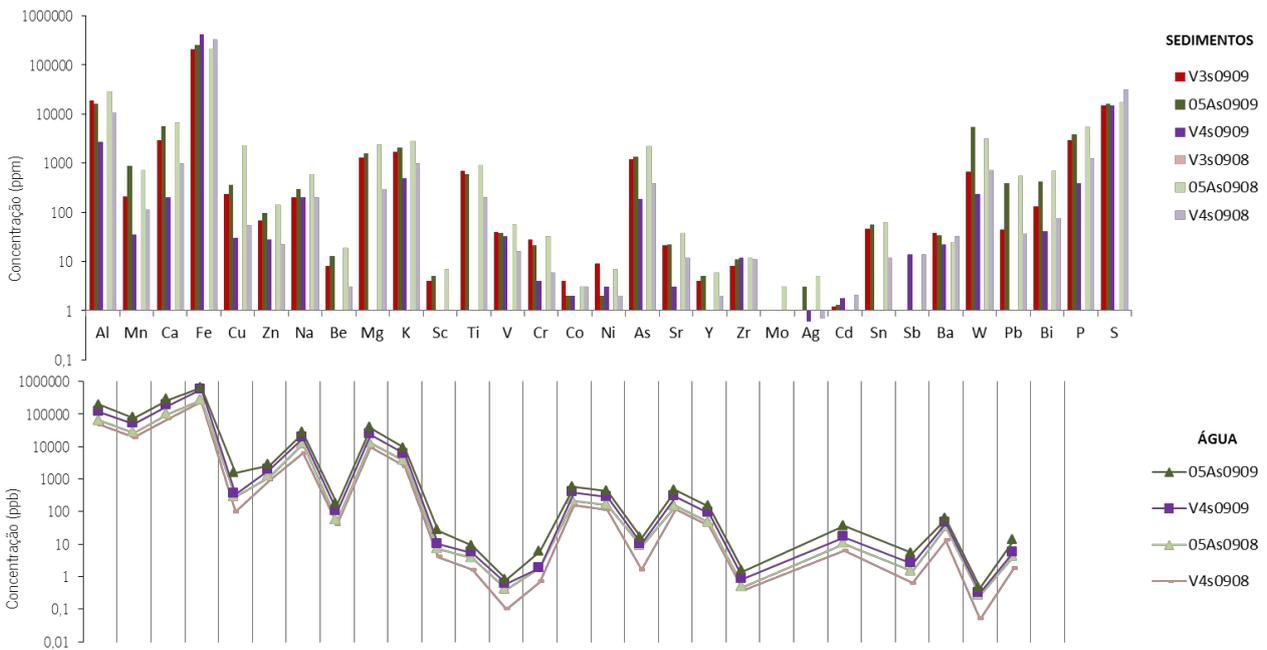


Figura V. 192. Comparação dos conteúdos químicos nos sedimentos de leito, no curso superior do Ribeiro do Poço Negro (fracção <math>< 20 \mu m</math>) e na água - Estações V3, 05A e V4, Campanhas de Setembro de 2008 (09/08) e Setembro de 2009 (09/09).

Em relação aos sedimentos no trecho médio e inferior (Figura V.193) do Ribeiro do Poço Negro, os dados sugerem pequenas variações espaciais e anuais, destacando-se  $Fe \gg S > Al > P > K > As$ . O valor de P é mais alto em 2009 na Estação V9 e mais baixo na Estação V7. Os valores de As, Pb e Ba são mais altos em V5 (2009). As concentrações de Ni, Bi, Cr e Zn são mais baixas em V7, sendo o teor de Cu mais alto na estação próxima da confluência. As concentrações destes elementos na água são mais altas em 2009 para todas as estações, com exceção de V e Cr.

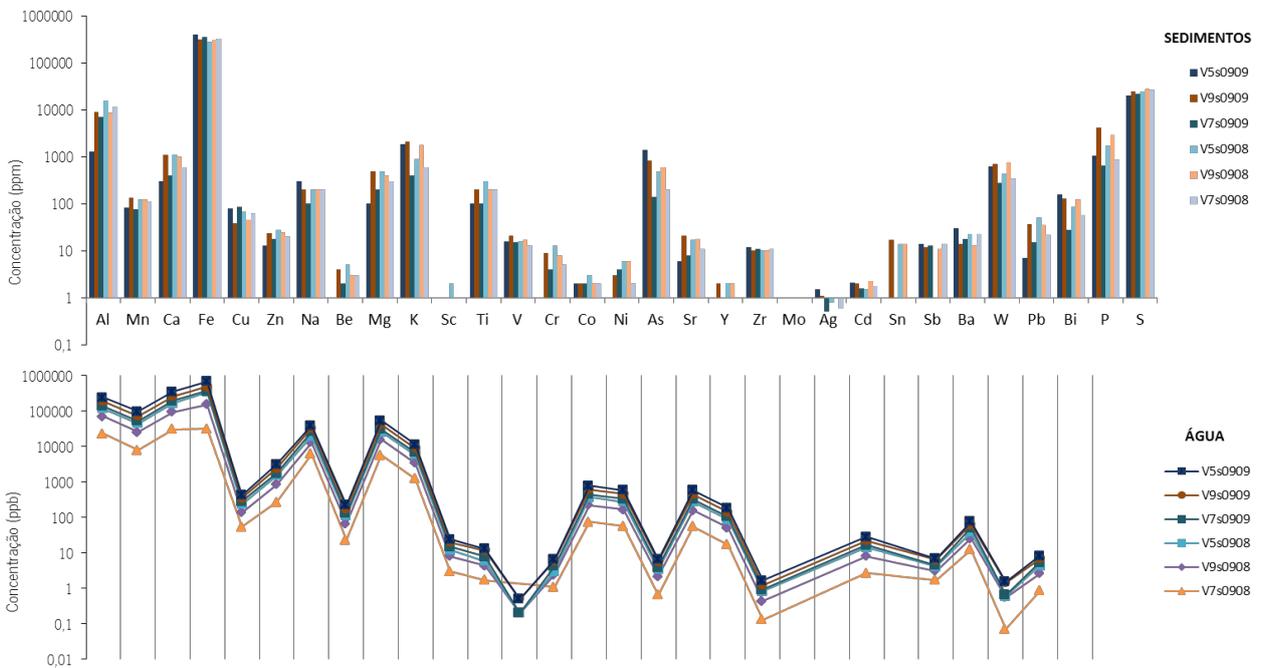


Figura V. 193. Comparação dos conteúdos químicos nos sedimentos de leito, no curso médio e inferior do Ribeiro do Poço Negro (fracção <math>< 20 \mu m</math>) e na água - Estações V5, V9 e V7. Campanhas de Setembro de 2008 (09/08) e Setembro de 2009 (09/09).

Os sedimentos colhidos em Santa Justa (Figura V. 194) apresentam como elementos maiores o Fe > Al > As > Mg > K > (Mn, Ti). Na água têm prevalência as concentrações de Na > Mg ≈ Fe ≈ Mn ≈ Ca > K (> As).

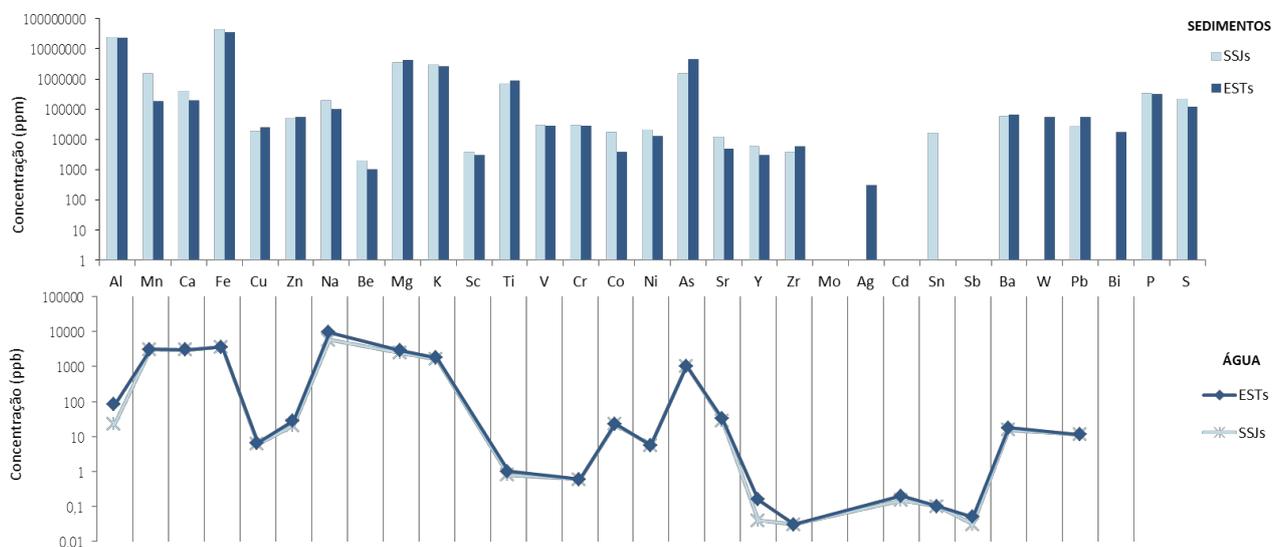


Figura V. 194. Comparação dos conteúdos químicos nos sedimentos de leito e água, na Ribeira de Santa Justa (SSJs) e no Regato de Água Levada (ESTs) (fracção < 20µm). Colheita pontual em Março de 2011.

O conteúdo de As nos sedimentos é semelhante nos pontos de amostragem EST e SSJ, contrariamente à água, em que o seu teor é muito superior no ponto SSJ. Este conteúdo, na água, é o mais diferenciador entre o sistema de Valdarças-Coura e Santa Justa (1040ppb, concentração que excede largamente o valor legal estabelecido para consumo, 10 ppb, DL nº 306/2007).

Comparativamente às estações na proximidade da escombreira reabilitada de Valdarças, o conteúdo em elementos metálicos na água é mais elevado cerca de uma ordem de grandeza que em Santa Justa, em que os pontos de amostragem ficam nos sopés de escombreiras volumosas e declivosas. São de considerar ainda os conteúdos de Ba e Pb igualmente altos em Santa Justa, nos sedimentos e na água (Figura V. 194).

As concentrações de Fe e As, nos sedimentos, aumentam na zona de confluência do ribeiro com o rio (entre V7 e C4). Isso pode estar relacionado com a dinâmica do sistema fluvial neste sector. As descargas irregulares, mas frequentes da mini-hídrica, criam instabilidade no regime de escorrência e caudal do rio, o que promove a dessorção e remobilização de elementos que podem ser transportados como matéria coloidal ou suspensões sólidas (Valente e Leal Gomes, 2009).

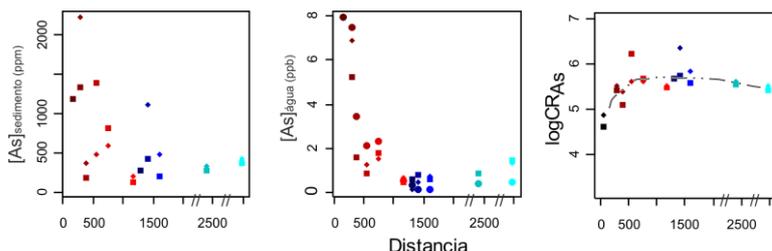
Aplicou-se o cálculo do índice de concentração, proposto por Munk *et al.* (2002), para alguns conteúdos químicos nos sedimentos e na água na zona de confluência e Ribeiro do Poço Negro, prosseguindo o trabalho de Alves *et al.* (2011). Na realidade, a composição da carga sedimentar de fundo do Ribeiro Poço Negro é praticamente constituída por crustificações ferralíticas que aglutinam grande quantidade necroses de algas acidófilas, substratos vegetais e matéria orgânica em decomposição. Na zona de confluência - C4, C4' - a carga sedimentar já não apresenta uma estrutura

crustiforme, existindo todavia zonas de acumulação de óxidos e hidróxidos de Fe entre os clastos do leito do rio e a vegetação ripícola.

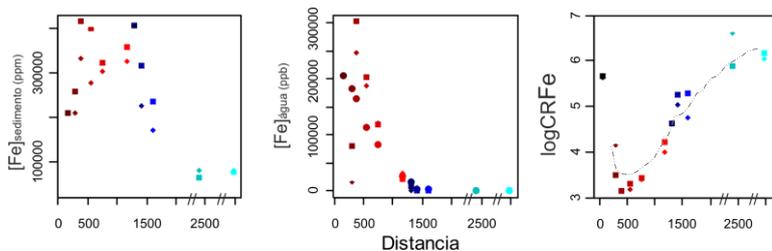
Para descrever a distribuição química entre água e sedimento calculou-se a razão de concentração (CR) que corresponde à equação:  $CR = [X]_s / [X]_l$ , onde  $[X]_s$  representa a concentração de um elemento no precipitado e  $[X]_l$  a concentração do elemento na água (Munk *et al.* 2009).

Projectando em diagramas os conteúdos químicos do sedimento, água e respectivo logCR ao longo da distância, ou estações de amostragem, reconhecem-se as seguintes tendências:

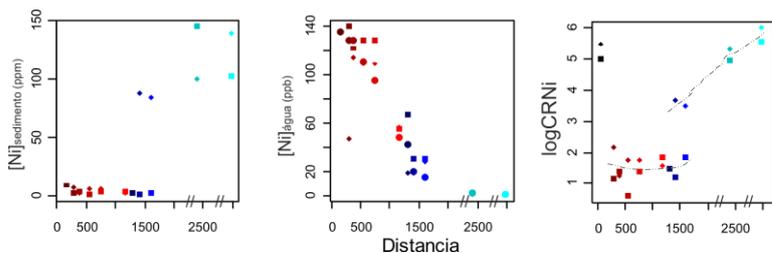
- Diminuição no sedimento e na água, com ligeiro enriquecimento sem relação com drenagem ácida (ex. As, Na, Mg); **LogCR** expressa um ligeiro aumento a curtas distâncias, com estabilização e decréscimo (pouco acentuado).



- Valores de elevada concentração no sedimento próximos do foco e subsequente diminuição a partir dos 1500km. Na água, diminuição dos valores de concentração com o aumento da distância (ex. Fe, Zr, Ti, Be, Sr); **LogCR** expressa um incremento acentuado com o afastamento ao foco.



- Valores com muito baixa concentração e com comportamento constante no sedimento, com aumento dos valores a distâncias maiores; na água diminuição dos valores de concentração com o aumento da distância (ex. Ni, Cr, Co, Y); **LogCR** expressa um estabilização inicial, seguido de enriquecimento acentuado.



- Diminuição da concentração com excepção dos valores mais próximos do foco que apresentam pontualmente concentrações elevadas (ex. W, Ti, V); **LogCR** expressa uma elevada variação ao longo da distância.

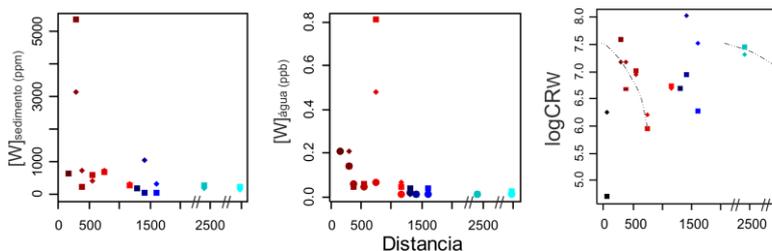
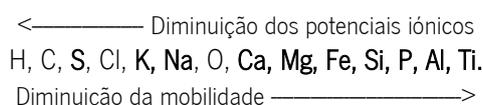


Figura V. 195. Casos ilustrativos do comportamento químico ao longo do Rib. Poço Negro e Rio Coura quanto aos conteúdos químicos (As, Fe, W, Ni) no sedimento, na água e respectivo logCR, em relação à distância (Km).

V.3.5.1.1. Relação  $[X]_{\text{sedimento}} / [X]_{\text{água}}$ 

Na drenagem ácida ou efluentes aquosos, os produtos precipitados e os minerais de neoformação que ocorrem ao longo do Ribeiro do Poço Negro e na zona de confluência com o Rio Coura (C4 - C4'), até C6, constituem reservatórios químicos de segunda geração, representando uma herança geoquímica das assinaturas primárias: litológicas (Rb-Ba-Sr em granitóides; V-Mn exalativas), paragénéticas (S-Fe, Ca-Si) e mineroquímicas (Co-Ni na pirite; Cd-Zn na blenda) dos diferentes tipos de depósitos. Os materiais neoformados podem expressar uma grande amplitude de conteúdos e concentrações químicas do meio aquoso, em que determinados factores têm grande influência sobre a formação de compostos químicos ou neoformação mineral, como é o caso do potencial iónico (Goldschmidt, 1937). Ao nível sedimentar a separação/mobilização dos elementos ocorre segundo a diminuição dos potenciais iónicos:



Também a solubilidade, ou seja, a capacidade de migração de elementos e as suas combinações em meio aquoso é um importante factor para a compreensão na distribuição/dispersão química, sobretudo na dependência do valor de pH (Tabela V. 61). A oscilação do pH no meio estabelece barreiras geoquímicas para a precipitação ou dissolução de elementos ou complexos em solução. Realça-se a importância das espécies de Fe (II) e (III) que além de serem indicadoras expeditas do ambiente de drenagem ácida, traduzem uma relação estreita entre organismos vivos e precipitado neoformado, sobretudo na zona de cabeceira do Ribeiro, mais próxima do foco de instabilização.

	pH		pH		pH
Ti <sup>4+</sup>	1,4-1,6	Al <sup>3+</sup>	4,1-5	Ni <sup>2+</sup>	≤6,7
Fe <sup>3+</sup>	2-3	Fe <sup>2+</sup>	5,1-5,5	Co <sup>2+</sup>	≤6,8
Sn <sup>2+</sup>	2-3	Cr <sup>3+</sup>	5,5	Hg <sup>2+</sup>	7,9
Zr <sup>4+</sup>	3	Cu <sup>2+</sup>	≤5,4	Mn <sup>2+</sup>	8-8,8
Th <sup>4+</sup>	3,5	Zn <sup>2+</sup>	5,2-6	Mg <sup>2+</sup>	10-10,5
In <sup>2+</sup>	3,7	Pb <sup>2+</sup>	6	Ca <sup>2+</sup>	11

**Tabela V. 61.** Condições de precipitação de alguns elementos, em função do valor de pH (de acordo com Rankama-Sahajma, cit por Rosler e Lange, 1972)

Por seu turno, na zona de confluência entre ribeiro e rio, apesar de uma menos expressiva intervenção de organismos acidófilos responsáveis por bioacumulação /biosorção, ocorre uma perturbação hidrodinâmica do sistema dadas as flutuações de caudal, impostas pela mini-hídrica. Este efeito traduz-se na manutenção de uma zona de mistura dando origem a uma carga coloidal no leito do rio persistente e altamente influente sobre as características hidrogeoquímicas água-sedimento.

Verifica-se que, para valores de CR altos (Figura V. 195), nem todo o conteúdo sedimentar se deve a mecanismos de precipitação (forma de enriquecimento directo). Valores mais baixos na água do que no sedimento indicam uma precipitação provável, em que o comportamento é na generalidade controlado pelo pH. Conteúdos químicos mais altos na água do que no sedimento sugerem mecanismos de dissolução, verificando-se a mobilidade de determinado conteúdo químico (ex. Mg).

Para valores de pH mais baixo ocorrem concentrações mais altas de metais na água, para valores de pH mais alto, reconhece-se mais baixa mobilidade. A covariação de pH e os diferentes LogCR sugerem um intervalo eficiente de pH

(3-4) para a concentração química na água (Al, Mn, Ca, Fe, Mg, Si, K, Cu, Zn, V, Cr, Co, Ni, Cd, Pb, Li, Be, Rb, Y, Zr, TR, Ti), diferente do que se verifica no sedimento (Fe) (Figura V. 195).

### V.3.5.1.2. Factores de enriquecimento

A relação entre os factores de enriquecimento das várias espécies químicas é evidenciada por coeficientes de correlação elevados ( $r > 0.90$ ) observados no conjunto {pH, logCRNi, logCRAs, logCRSr, logCRY, logCRZr, logCRCd, logCRSn, logCRSb, logCRBa, logCRW, logCRPb} (Figura V. 196). Esta relação poderá ser controlada por precursores litológicos regionais: 1) Ni, Y, Cd, Ba susceptíveis às flutuações de pH do meio e, segundo a Tabela V. 64, possivelmente relacionados com mecanismos de adsorção a hidróxidos de Mn; 2) Sr e Pb não susceptíveis às flutuações de pH. Os elementos As, Sn, Sb e W não são controlados pelas variações do pH e a sua associação enquanto produtos de enriquecimento a partir de uma solução concentrada não está expressa na matriz de correlação (Figura V. 196).

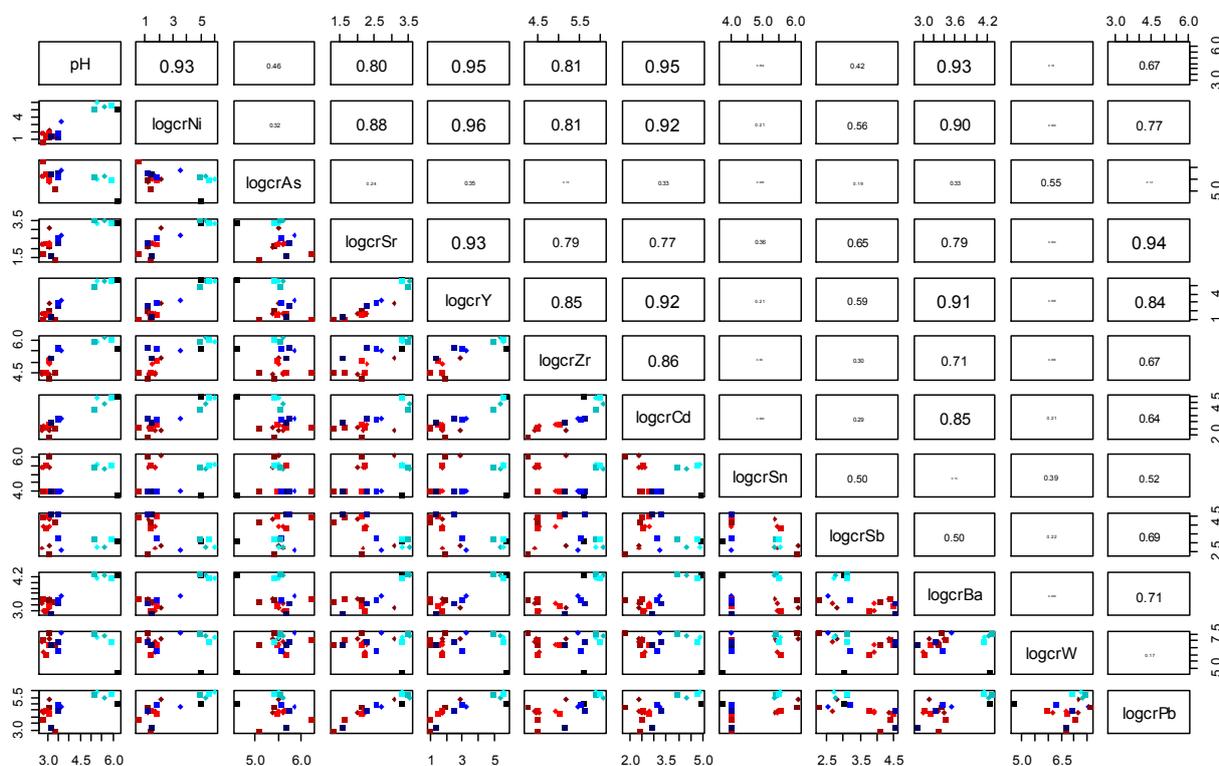


Figura V. 196. Matriz de correlação para o pH e razões de concentração (logCR) de espécies químicas com distintas afinidades litológicas, paragenéticas e mineroquímicas.

Na zona de confluência (C4-C4'), os factores hidrogeoquímicos que determinam a relação entre águas de drenagem e precipitados/sedimentos de leito têm expressão tanto no que respeita a mecanismos de oxidação (promovendo a geração pontual de águas ácidas – registos de diminuição ocasional de pH) como a mecanismos de hidrólise de cationes metálicos [Fe(II)] que confere ao meio aquoso condições de oxidação-redução para a precipitação de hidróxidos de Fe (III) e oxi-hidroxi-sulfatos.

A carga sedimentar inclui tanto material detrítico de fragmentação e transporte, como precipitados promovidos pela drenagem ácida de mina. As concentrações em Fe, As e W, elevadas nestes sedimentos, demonstram o carácter diversificado que as fontes de contaminação-dispersão mineira pode representar num sistema fluvial. As concentrações mais altas de Fe encontram-se entre as amostras com mais elevado conteúdo em óxidos e oxihidróxidos (V4, V5, V9 e C4'), o que sugere uma forte ligação entre o meio aquoso e a mineralogia.

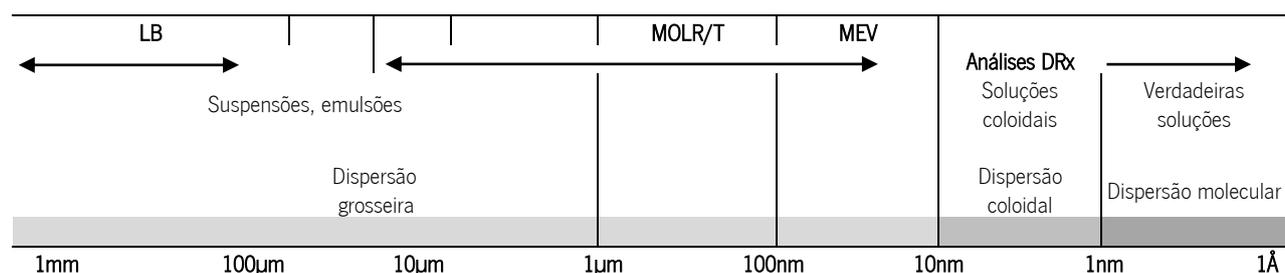
O As apresenta concentrações mais altas em 05A e V5 (Figura V. 195), em que a jarosite e goethite verificam maior persistência, bem como a schwertmannite e minerais de argila, podendo estes reservatórios minerais contribuir para a fixação dos teores de As (Clayton *et al.*, 2005; Hudson-Edwards *et al.*, 2008).

Por seu turno, as concentrações altas de W nos sedimentos e água (Figura V. 195), sobretudo no troço superior do Ribeiro do Poço Negro (05A) dizem respeito a um fenómeno de retenção por parte de estruturas necrotizadas de algas acidófilas - tipo favo - tratando-se de um reservatório físico que aprisiona a fracção mais fina de uma fase mineral específica - a scheelite. Ao longo do Rio, a retenção é hidrográvica e topográfica, envolvendo o aprisionamento de densos (numa gama granulométrica alargada), em estruturas (marmitas de gigante, anfractuosidades no substrato rochoso, açudes naturais e construídos, etc.). A persistência de W nos sedimentos do rio Coura, especialmente o conteúdo significativo detectado na estação mais a jusante (C12), sugere a influência de carga sedimentar de origem mineira (mina de W de Castelhão) entre C11 e C12.

### V.3.5.1.3. Carga Coloidal e parâmetros expeditos

Os colóides são misturas heterogéneas de pelo menos duas fases, em que uma das fases (sólido, líquido ou gás) está dispersa numa outra fase contínua (sólido, líquido ou gás), constituindo esta um meio de dispersão. Incluem as classes: *aerossol* (sólido ou um líquido dissolvido num gás); *espuma* (gás disperso em sólido ou líquido); *emulsão* (líquido disperso noutro líquido ou sólido); *sol* (sólido disperso num líquido); *gel* (sólido complexo coloidal, em dispersante sólido). Além do carácter estrutural específico, os colóides distinguem-se pelo tamanho das suas partículas (Tabela V. 62), na ordem de grandeza de 1 a 100 µm (10 a 1000 Å) de acordo com Ostwald *cit por* Rosler e Lange (1972). Os colóides são carregados positiva ou negativamente, o que lhes possibilita estabelecerem uma gama de interações com a carga sedimentar suspensa na água do rio (Tabela V. 63). Neste sentido, um fenómeno importante a considerar é a adsorção de iões por colóides sólidos, com concentrações mais elevada em *géis*.

Tabela V. 62. Tamanho das partículas coloidais (10 a 1000 Å) e respectivas técnicas de determinação e análise (LB, MOLR/T; MEV e DRx), de acordo com Ostwald, *cit por* Rosler e Lange, 1972).



Os fenómenos mais importantes dentro da gama dos colóides são: **1)** precipitação de colóides por absorção; **2)** floculação de colóides por eletrólitos; **3)** floculação de colóides por outros colóides de carga oposta; **4)** adsorção e troca iónica (Rosler e Lange, 1972).

O grau de absorção de iões por colóides, especialmente de minerais de argila, depende em grande parte do potencial iónico. Noll (1931) e Jasmukd (1954) propuseram a seguinte escala de adsorção: iões monovalentes (Cs> Rb> K> Na> Li) e iões bivalentes (Mg> Ca> Sr> Ba).

Tabela V. 63. Carga eléctrica de coloides e *sols* (Rosler e Lange, 1972).

Carga Positiva	Carga Negativa
Al(OH) <sub>3</sub>	hidrosols metálicos (Au, Ag, Pt)
Fe(OH) <sub>3</sub>	hidrossols de sulfuretos (Pb e outros)
Cr(OH) <sub>3</sub>	S, As <sub>2</sub> S <sub>3</sub> , Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
Cd(OH) <sub>2</sub>	MnO <sub>2</sub> hidratado
Ce (OH) <sub>3</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> hidratado
TiO <sub>2</sub> -hidratado	SnO <sub>2</sub> hidratado
ZrO <sub>2</sub> -hidratado	colloides de humus
ThO <sub>2</sub> -hidratado	acido silicilico (SiO <sub>2</sub> ) argilas

Um outro fenómeno importante, associado aos minerais de argila, é a troca iónica. Trata-se da capacidade dos minerais de argila admitirem catiões, de forma flexível e permutável aquando do excesso de cargas negativas. As propriedades de troca iónica são influenciadas por: **1)** tempo para uma solução actuar; **2)** concentração de iões da solução; **3)** granulometria dos minerais de argila.

Nos mecanismos de sorção, indicam-se características específicas: **1)** a **absorção** de um ião está dependente do estado de hidratação, do tamanho iónico e da valência; **2)** a selectividade e os diferentes graus de **adsorção** de iões a partir de soluções com muito baixa concentração catiónica (<1 % da capacidade total para trocar iões dos minerais de argila) podem atribuir-se às diferentes densidades de superfície das cargas negativas (Tabela V. 64).

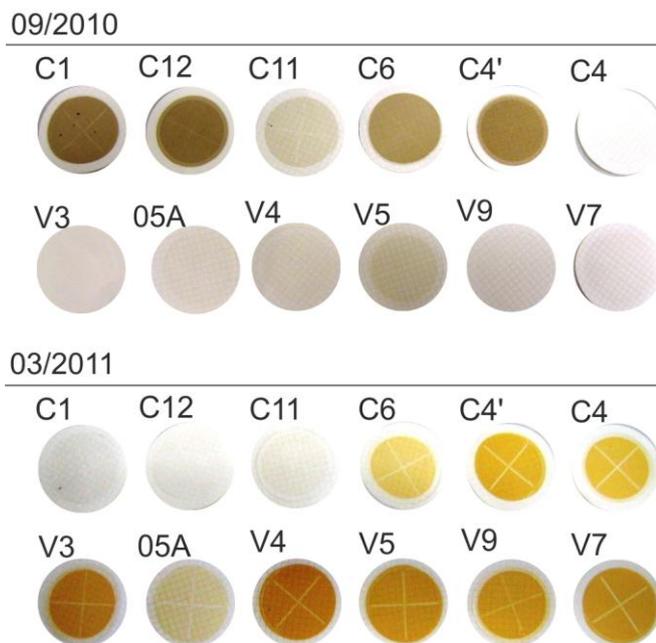
Tabela V. 64. Concentração geoquímica de elementos em sedimentos por adsorção (Rosler *et al*, 1971)

ELEMENTOS	ADESÃO POR ADSORÇÃO
K, Rb, Cs, metais pesados (Au, Ag, V e Hg) NH <sub>4</sub> , As	Sedimentos argilosos e solo
As, V, P	Hidróxidos de Fe
U, V, Mo	Sedimentos siliciosos
K, Ba, Ni, Co, Cu, Zn, Hg, Au, W, etc.	Hidróxidos de Mn

O material transportado no sistema fluvial integra formas iónicas, coloidais e clásticas em diversos meios (ar, água, organismos) e é depositado como sedimento. A separação em fases minerais e elementos químicos na água ocorre, como se viu (Figura V. 195), pelo enriquecimento entre sedimento-água (Rosler e Lange, 1972). No balanço geoquímico entre transporte detrítico, coloidal e iónico na água dos rios, a forma sólida (em suspensão) tem um contributo importante.

A sedimentação do material detrítico e coloidal está dependente do poder de transporte da água, podendo ocorrer a coagulação (floculação) e a solubilidade no caso de substâncias iónicas dissolvidas. O conteúdo em sólidos suspensos totais (SST) pode ilustrar as flutuações que estes mecanismos imprimem no sistema, com incidência na zona de confluência C4-C4'.

Regista-se uma grande flutuação quer em termos de conteúdo de SST (de 2 a 473mg/L, em C4 03/11 e C4' 06/10), quer em termos composicionais, como sugere, de forma expedita, o padrão cromático da **Figura V.196**. As flutuações verificadas em SST sugerem ainda a presença de dispersões grosseiras e coloidais, eventualmente floculadas, que têm grande relação sazonal: conteúdos mais altos nos períodos de estio (Maio-Junho) e mais baixos nos períodos mais pluviosos (Fev.-Março) (**ANEXO X**). A estação que regista conteúdos em SST mais altos, muito embora com grande oscilação, é C4'. O factor com maior preponderância nesta oscilação é o controlo hidrodinâmico imposto pela mini-hídrica.



**Figura V. 197.** Membranas *Millipore* com malha 0,05 µm, após filtração com pressão reduzida - Campanhas de Setembro de 2009 e Março de 2011 (estações do Rio Coura e Ribeiro do Poço Negro)

Composicionalmente, os SST, pela sua variação cromática podem sugerir uma participação em precipitados ou filmes sobrenadantes sob uma determinada mineralização. No Ribeiro do Poço Negro, as estações V3, 05A, V4 relacionam-se com a schwertmannite, enquanto a jusante, as estações V5, V9, V7 associam-se à presença de goethite.

Estas observações expeditas, mediante índices de cor (Munsell), foram propostas por **Schwertmann (1993)**, sob o pressuposto que os óxidos de Fe são bons indicadores de mecanismos de precipitação de substratos, uma vez que incluem vários minerais cromaticamente distintos e porque o tipo de mineral formado também é influenciado pelo ambiente. A matriz de identificação cromática proposta por **Schwertmann (1993)** inclui os índices de Munsell (p.ex. hematite associada a goethite - 5YR e 10R; goethite sem hematite - 7,5YR e 2,5Y; lepidocrocite - 6 e 7,5YR; ferrihydrite - 5 e 7,5YR). Estas cores podem variar mediante a concentração de Fe, o tamanho do cristal, o grau de sedimentação ou uma substituição isomórfica. Na **Figura V. 197** apresenta-se uma ilustração do contraste cromático e da influência do tamanho cristalino e substituição metálica (Mn, Cr, V).

De entre os índices mais comuns no Ribeiro do Poço Negro pode referir-se os vários tons da goethite. No caso de crustificações ferralíticas a variação cromática observada (inclusive em espeleotemas com zonamento oscilatório) poderá efectivamente estar associada ao tamanho cristalino (reflexo das condições de precipitação).

Por seu turno, a associação a substratos vegetais, matéria orgânica e organismos vivos, como as algas acidófilas, impõe algum distanciamento ao padrão, pelo que era necessário um exame cristalométrico e mineroquímico antes de

sugerir uma comparação directa. Ainda, para a composição de hidroxí-sulfatos, como a schwertmannite, a sua elevada iridescência e susceptibilidade fotoquímica limitam a comparação ao padrão.



**Figura V. 198.** Padrões de cor para óxidos de Fe - adaptado de **Schwertmann e Cornell (2000)**: Colunas 1,2,3 - principais oxi-hidróxidos de Fe; Colunas 4 e 5 - influência do tamanho cristalino ( $\mu\text{m}$ ) na cor da goethite, lepidocrocite e hematite; Coluna 6 - influência da substituição metálica de Mn, Cr e V na goethite.

Nas estações C4' e C6 podem referir-se factores que promovem a libertação dos cationes metálicos Ca, Mg, Fe, Mn (concentrações mais altas na água), que contribuem para a manutenção de cargas coloidais e SST. A dissolução de fases neoformadas de hidroxí-sulfatos de Fe, Mn e Al é controlada por superfícies de complexação do  $\text{H}^+$  ou de ligandos orgânicos. A fixação de metais e metalóides em fases sólidas pode ocorrer preferencialmente segundo reacções de complexação, absorção (difusão ou co-precipitação em fases sólidas) e adsorção (interface mineral-água). Da mesma forma, poder-se-á verificar o fenómeno inverso (dessorção), sobretudo associado ao contexto hidrodinâmico do sistema fluvial.

Para o reconhecimento da dinâmica fluvial e da influência que esta exerce sobre a distribuição da carga detrítica ao longo do rio, procedeu-se à análise textural, mineralométrica e morfoscópica de sedimentos de leito.

### V.3.5.2. Análise textural e granulométrica de sedimentos de leito

Parâmetros como a granulometria, a densidade, o tamanho, a forma e a rugosidade da superfície dos sedimentos são importantes no conhecimento da dinâmica fluvial e distribuição da carga detrítica ao longo dos cursos de água.

A dimensão dos detritos permite uma análise textural segundo classes dimensionais. Na definição de limites texturais consideram-se os elementos descritivos propostos em **Alveirinho Dias (2004)**, respeitando as classes dimensionais de **Folk e Ward (1957)** - cascalho, areia, lodo/silt e argila.

As principais características discriminantes destas classes incluem: **1)** dimensão; **2)** presença de elementos terrígenos (ou líticos) e bioclásticos (organismos vivos ou produtos derivados), **3)** coesão entre detritos, **4)** formas de transporte; **5)** porosidade; **6)** capilaridade; **7)** plasticidade; **8)** adsorção/absorção.

Tabela V. 65. Características das várias classes texturais (modificado de Alveirinho Dias, 2004).

	DIMENSÃO	ELEMENTOS TERRÍGENOS	ELEMENTOS BIOCLÁSTICOS	COESÃO ENTRE DETRITOS	TRANSPORTE	POROSIDADE	CAPILARIDADE	PLASTICIDADE	SORÇÃO
CASCAHO	>2 mm	Poliminerálicos (fragmentos de rochas)	Pequena diversidade (conchas, fragmentos, bioconcreções, etc.)	Ausência	Rolamento	Grande	Geralmente não significativa	Nula	Geralmente nula
AREIA	2-63 $\mu$ m	Monominerálicos (com predomínio de quartzo entre as fácies regionais)	Diversidade função da influência continental (se reduzida, pode constituir-se quase exclusivamente por bioclastos)	Ausência (a seco); Coesão (húmido – por tensão superficial do filme de água envolvente)	Rolamento, saltação, suspensão (para elevadas velocidades de fluxo)	Média a baixa (função do <i>fabric</i> )	Existente	Nula	Geralmente nula a pouco significativa
SILTE	63-4 $\mu$ m	Monominerálicos variados	Microorganismos variados	Coesão (seco e húmido)	Suspensão	Muito baixa	Intensa	Baixa	Existente
ARGILA	<4 $\mu$ m	Predomínio de Minerais de Argila	Microorganismos variados	Elevada coesão (seco e húmido)	Suspensão	Muito baixa - impermeável	Pontual não significativa	Elevada	Intensa (adsorção/ absorção)

A distribuição granulométrica dos sedimentos do Ribeiro do Poço Negro e do Rio Coura foi projectada em histogramas com as divisões que intervieram na separação física dos materiais (coluna de crivos). Os valores encontram-se normalizados e nos histogramas optou-se por representar classes finas com tons mais claros (Figura V. 199).

Posteriormente reuniram-se os dados nas respectivas classes de Folk para integrar os diagramas de sedimentos grosseiros e sedimentos finos (Figura V.200, ANEXO XI).

Reconhece-se, na campanha de Setembro de 2008, uma maior dispersão das classes finas ao longo do ribeiro, acumulando-se por exemplo em V7 mais de 50% de matéria fina. Por seu turno, C4 sofreu um forte arrasto do material fino, sendo constituído por fracções grosseiras. Na campanha de Setembro de 2009 reconhece-se o restabelecimento da carga fina em C4 (Figura V.199).

Os dados granulométricos apresentados na Figura V.199, para períodos de estio (Setembro de 2008 e 2009) e de elevada pluviosidade (Fevereiro de 2009), demonstram o carácter dinâmico do sistema fluvial no que respeita à distribuição das fracções dimensionais da carga sedimentar. Pode referir-se que nos períodos de estio o sedimento de leito tem maior componente fina a ultrafina, e esta predomina no Ribeiro do Poço Negro.

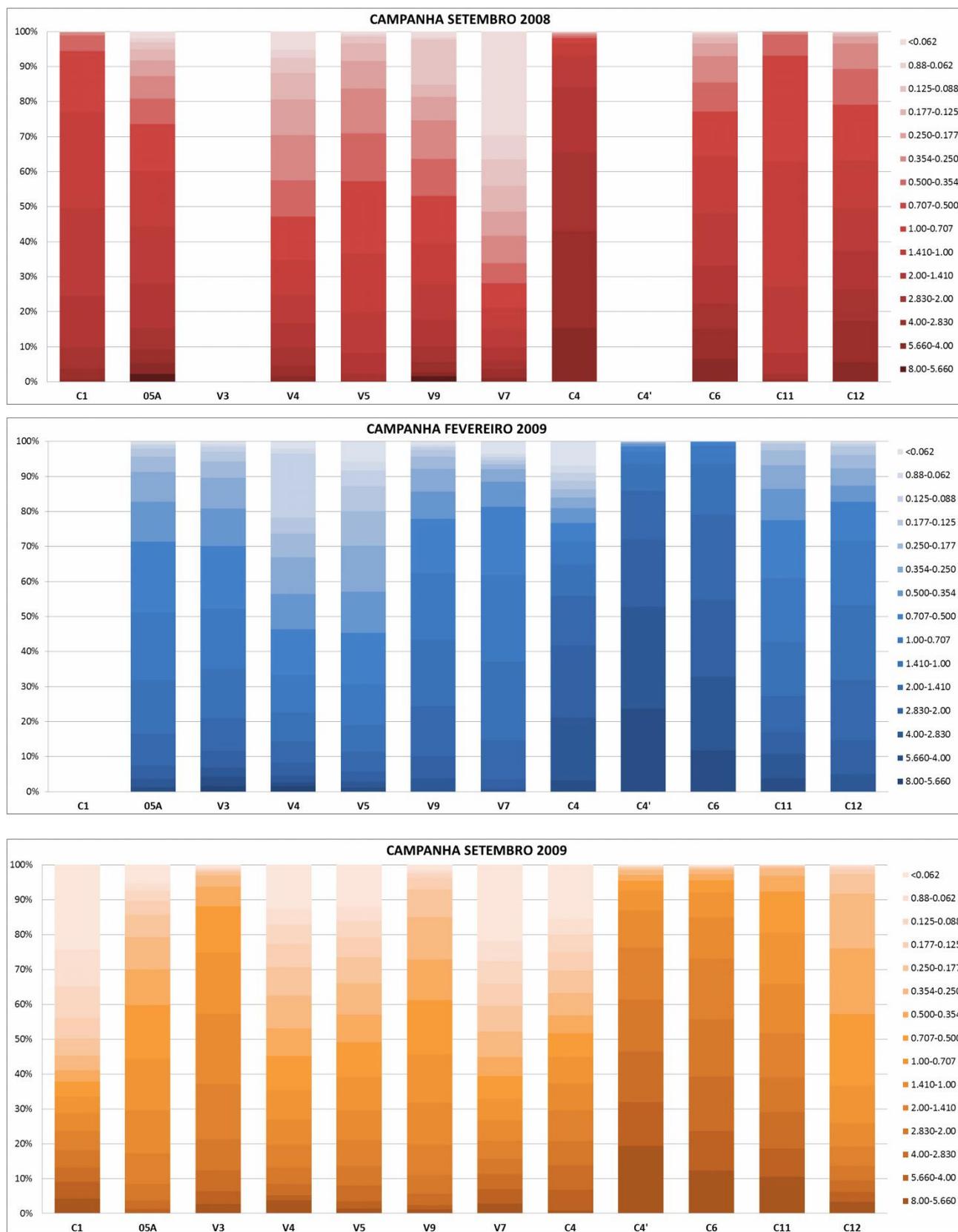
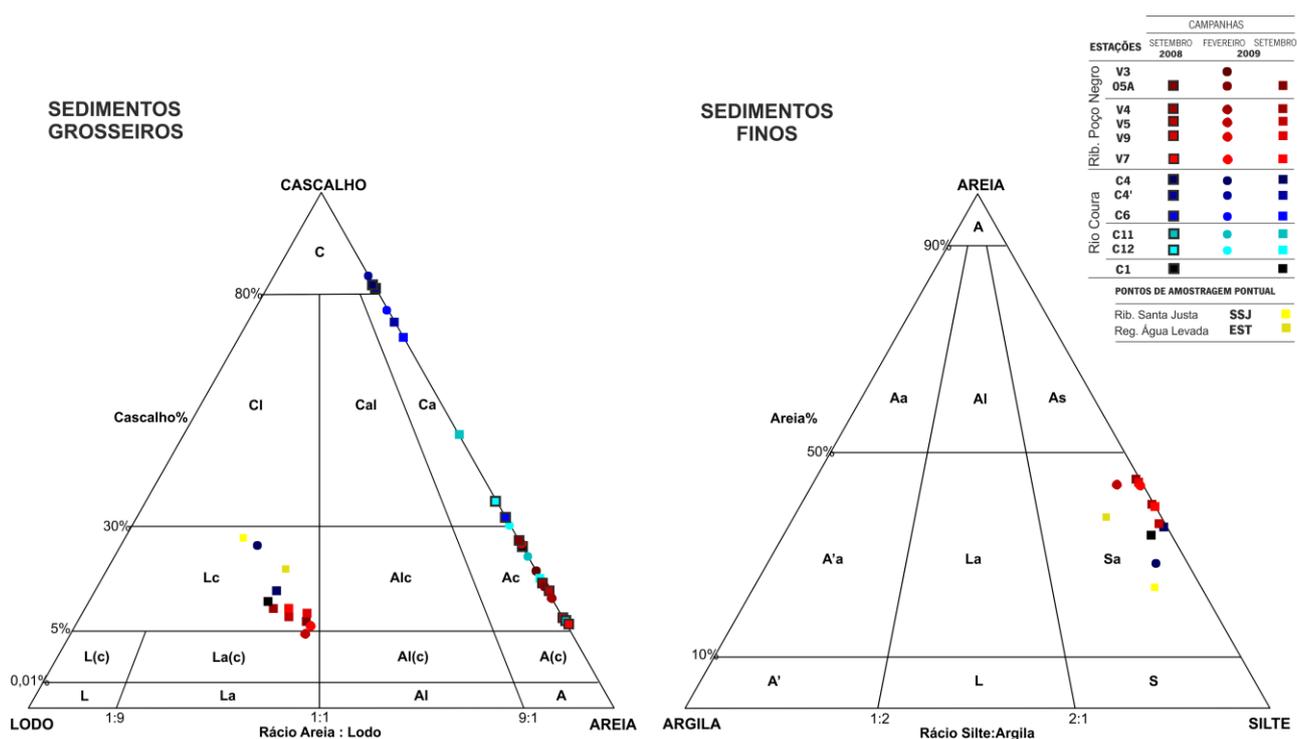


Figura V. 199. Distribuição granulométrica dos sedimentos de leito de corrente no Ribeiro do Poço Negro (estações 05A, V4, V5, V9, V7); e do Rio Coura (estações C1, C4, C4', C6, C11, C12), nas campanhas de Setembro de 2008, Fevereiro de 2009 e Setembro de 2009. Valores do peso normalizados a 100, para cada estação.



**Figura V. 200.** Projecção nos diagramas ternários de Folk para sedimentos grosseiros e sedimentos finos dos dados de granulometria dos sedimentos de leito do Ribeirão do Poço Negro (Estações V3 – V7), do Rio Coura (Estações C4 a C1), da Ribeira de Santa Justa (SSJ) e do Regato de Água Levada (EST). Abreviaturas usadas nos diagramas de Folk, na classificação dos sedimentos grosseiros: **C** – cascalho; **Ca** - cascalho arenoso; **Cal** - cascalho areno-lodoso; **Cl** - cascalho lodoso; **L** – lodo; **Lc** - lodo cascalhento; **L(c)** - lodo ligeiramente cascalhento; **La(c)** - lodo arenoso ligeiramente cascalhento; **La** - lodo arenoso; **A** - areia; **Al** - areia lodosa; **Alc** - areia lodo-cascalhenta; **Al(c)** - areia lodos ligeiramente cascalhenta; **Ac** - Areia cascalhenta; **A(c)** - areia ligeiramente cascalhenta. Abreviaturas usadas nos diagramas de Folk, na classificação dos sedimentos finos: **A** – areia; **Aa** - areia argilosa; **Al** - areia lodosa; **As** - areia siltosa; **A'a** - argila arenosa; **La** - lodo arenoso; **Sa** - silte arenoso; **A'** - argila; **L** – lodo; **S** – silte. (terminologia adaptada de **Alveirinho Dias, 2004**).

A caracterização textural foi obtida com o *software* GRADISTAT 4.0 (**Blott e Pye, 2000**). A **Figura V.200** apresenta a divisão granulométrica de cada amostra, distribuição e classificação textural representada nos diagramas de Folk (**ANEXO XI**). Nesta divisão é possível reconhecer a distribuição e prevalência de calibres em determinados ambientes.

As populações de sedimentos distribuem-se em quatro grupos principais: cascalho arenoso; lodo cascalhento; areia cascalhenta; silte arenoso. É de notar a ausência de calibres da classe das argilas.

Os sedimentos mais grosseiros têm maior dispersão, com valores mais altos na zona de confluência do Ribeirão do Poço Negro; as areias têm maior distribuição no ribeirão e nas estações mais a montante, no Rio Coura; os lodos apresentam-se tanto no ribeirão como na zona de confluência com o rio.

Nos ambientes de drenagem no troço superior do ribeirão, e próximos da escombreira, os calibres na classe de silte arenoso são compatíveis com os calibres de fragmentação praticados na lavaria de Valdearcas, para estêreis com menor conteúdo em sulfuretos.

No que respeita às amostras de SSJ e EST estas incluem-se no grupo textural de silte arenoso, traduzindo o regime de escorrência torrencial dos seus cursos, com arrastamento de material muito heterogêneo e incidência nas classes grosseiras acumuladas nas escombreiras mineiras entretanto evoluídas.

As fracções mais finas dos sedimentos estão representadas tanto por precipitados ocre (crustificações ferralíticas), como por resíduos arrastados da escombreira (detritos herdados do depósito primário) e de fundo regional, que constituem o *creeping*, ou materiais de arrastamento superficial, sedimentos soltos que incluem minerais essenciais da região.

Para a identificação de fases minerais com significado na retenção de metais potencialmente poluentes procedeu-se ao estudo mineralógico da fracção <2mm em LB e da fracção < 20µm por DRX do material tal e qual.

### V.3.5.3. Composição mineralógica da fracção < 20µm

Na observação das amostras de sedimentos em LB reconheceu-se a complexidade mineralógica e morfológica dos grãos – poliminerálicos, encapsulados ou parcialmente crustificados, com superfícies rugosas, rendilhadas, sugerindo morfologias biogénicas com bandados sequenciais. Esta complexidade foi corroborada com a análise em DRX de pós, na fracção <2mm, que se revelou ineficiente (os picos concentravam-se nas classes de silicatos – quartzos e micas).

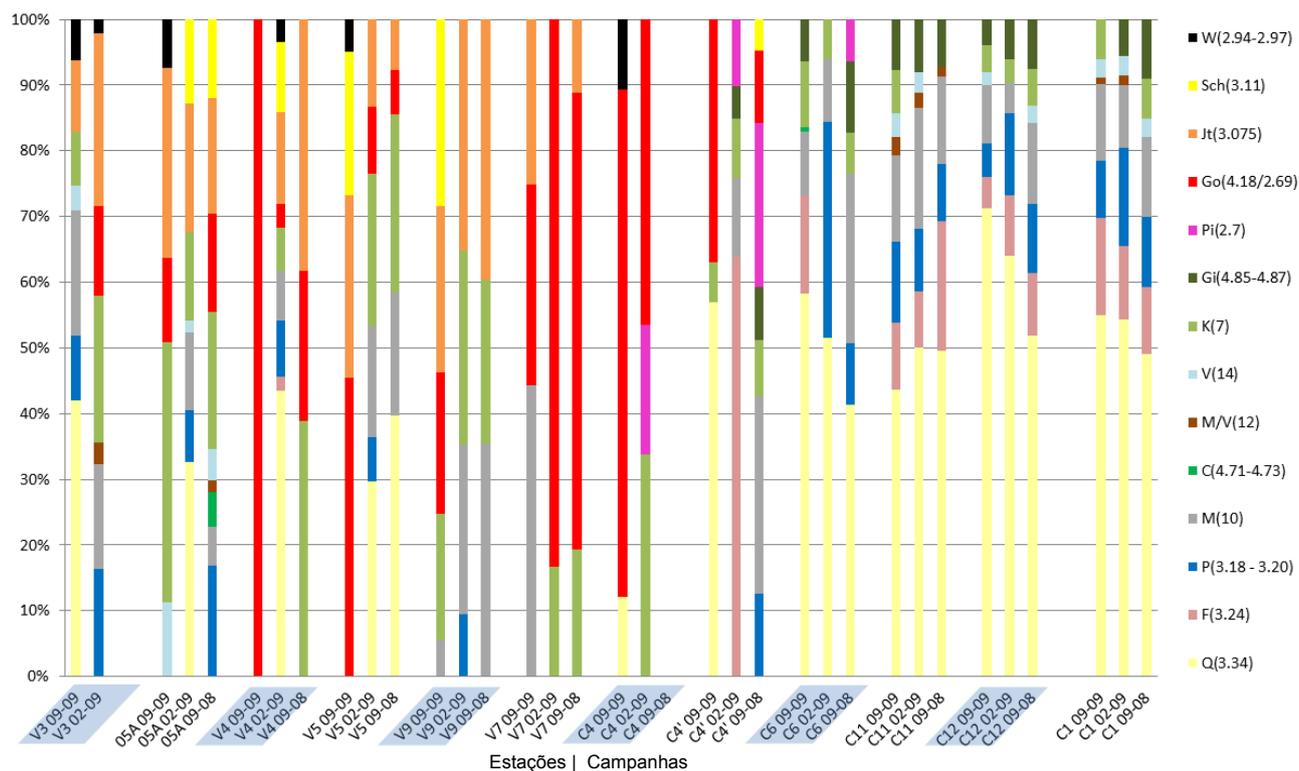
Assim, procedeu-se à identificação em DRX da fracção mais fina (<20µm), equivalente à que foi sujeita a análise geoquímica, separada por via húmida com crivo de malha de *nylon* (descrição do procedimento no **Capítulo II, Figura II.10**).

Numa primeira análise aos difractogramas estimaram-se fases minerais correspondentes às três campanhas de amostragem, discriminadas na **Figura V. 201**. Por estimativa quantitativa identificou-se: quartzo, feldspato potássico, plagioclase, mica, clorite, caulinite, vermiculite e interestratificados mica-vermiculite, gibbsite, goethite, jarosite, schwertmannite, volframite, scheelite e pirite. A indicação dos picos diagnósticos está na **Figura V. 201**.

Pela distribuição das fases ao longo do Ribeiro do Poço Negro identificou-se a predominância de jarosite em V9, em detrimento da goethite, esta com predomínio em V7 e ainda caulinite em 05A. Verificou-se certa continuidade no substrato precipitado da Estação V7 para C4. Bem distinto é o sedimento de leito no Rio Coura, marcado pela presença de quartzo, feldspato, plagioclase, mica e filossilicatos 2:1 (**Figura V. 201**).

Do ponto de vista temporal, pode destacar-se a composição mineralógica na Estação V3, entre Fevereiro e Setembro de 2009, com quartzo em período estival e composições de óxidos e oxi-sulfatos de Fe no período Fevereiro de 2009. Para a Estação V4, as composições totais de goethite podem estar associadas à amostragem de crustificações ferralíticas, distinguindo-se do substrato o ano anterior pela presença de goethite e plagioclase. No Rio Coura, no mesmo período, a presença de goethite (C4'09/09), também permite reconhecer a variação sazonal.

Na fracção em apreço é ainda de salientar a presença de volframite e scheelite, em proporção notável nas estações 05A, V9 e C4.



**Figura V. 201.** Composição mineralógica (em %), estimativa quantitativa por DRX sobre pós, na fração < 20  $\mu\text{m}$ , dos sedimentos de leito, no Ribeiro do Poço Negro (estações V3; 05A, V4, V5, V9, V7); e do Rio Coura (estações C4, C4', C6, C11, C12 e C1), nas campanhas de Setembro de 2008 (09-08) e Fevereiro e Setembro de 2009 (02-09 e 09-09). **ABREVIATURAS** (com indicação dos picos de difração diagnóstico do mineral): quartzo (Q); feldspato (F); plagioclase (P); mica (M); clorite (C); interstratificados mica-vermiculite (M/V); vermiculite (V); caulinite (K); gibsite (Gi); pirite (Pi); goethite (Go); jarosite (Jt); scheelite (Sch); volframite (W).

As fases minerais clorite, esmectite, vermiculite e minerais interstratificados mica-vermiculite incluem-se no grupo dos minerais de argila, cuja identificação por difractogramas implica a obtenção dos mesmos segundo metodologias específicas que não foram realizadas neste estudo. Assim, optou-se pela designação genérica de minerais de argila (MA), sempre que determinada fração mineral revelasse similitude difractométrica àquele grupo, com picos de diagnóstico de 10-14 Å (Tabela V.66).

Pela estimativa patente na Tabela V.66 minerais como jarosite, schwertmannite e principalmente goethite estão presentes em proporções variáveis ao longo do Ribeiro do Poço Negro. A goethite está associada a schwertmannite ou jarosite (Figura V. 202b) e constituem as associações minerais características das amostras de sedimentos das estações de V4, V5 e V7.

Adicionalmente, nos difractogramas das amostras mais a montante (V3 e 05A) foram identificados picos correspondentes a tungstato (volframite e scheelite) em conteúdos significativos (Figura V. 202a e Tabela V.66).

**Tabela V.66.** Composição mineralógica semi-quantitativa estimada por DRX de rocha total na fracção < 20 µm nos sedimentos de leito – Campanhas Setembro de 2008; Fevereiro de 2009; Setembro de 2009, para as Estações do Rib. do Poço Negro (V3, 05A, V4, V5, V9, V7) e do Rio Coura (C1, C4, C4', C6, C11, C12). **SIMBOLOGIA:** quartzo (**Qz**); feldspato potássico (**FeldK**); plagioclase (**Pla**); mica (**M**); minerais de argila (**MA**); gibsita (**Gib**); goethite (**Goe**); jarosite (**Jar**); schwertmannite (**Schw**); volframite (**Volf**); scheelite (**Sch**); Pirite (**Pir**); conteúdo traço (**tr**); fase não determinada (-).

09 08	Composição Mineralógica (%)											
	Qz	FeldK	Pla	M	MA	Gib	Goe	Jar	Schw	Volf	Sch	Pir
05A	-	-	21	7	5	-	18	22	12	tr	15	-
V4	-	-	-	tr	tr	-	21	36	43	tr	tr	-
V5	43	-	-	20	5	-	7	8	17	-	tr	-
V9	-	-	tr	29	tr	-	tr	35	16	tr	20	-
V7	-	-	tr	-	tr	-	86	14	-	-	-	-
C1	51	10	11	12	6	9	-	-	-	-	-	-
C4'	-	-	14	33	-	9	12	-	-	-	5	27
C6	44	-	10	27	tr	12	tr	-	-	tr	tr	7
C11	50	20	9	14	tr	7	tr	-	-	-	-	-
C12	54	9	10	12	6	8	tr	-	-	-	-	-

09 02	Composição Mineralógica (%)											
	Qz	FeldK	Pla	M	MA	Gib	Goe	Jar	Schw	Volf	Sch	Pir
V3	37	-	9	8	7	-	7	14	10	1	7	-
05A	-	-	9	14	13	-	9	24	15	tr	16	-
V4	-	4	14	12	6	-	6	24	10	6	18	-
V5	33	-	7	19	-	-	11	15	16	tr	-	-
V9	-	-	13	37	tr	-	tr	50	-	tr	-	-
V7	-	-	-	tr	tr	-	100	-	-	-	tr	-
C1	55	12	15	10	3	6	-	-	-	-	-	-
C4	57	-	tr	tr	tr	-	43	-	-	-	tr	-
C4'	-	64	tr	12	tr	5	10	-	-	tr	tr	10
C6	52	tr	33	10	5	tr	tr	-	-	-	-	-
C11	48	8	9	18	7	8	-	-	-	3	-	-
C12	64	9	13	5	4	6	-	-	-	-	-	-

09 09	Composição Mineralógica (%)											
	Qz	FeldK	Pla	M	MA	Gib	Goe	Jar	Schw	Volf	Sch	Pir
V3	38	-	9	17	8	-	tr	10	12	6	-	-
05A	31	-	19	10	5	4	6	13	6	6	tr	-
V4	-	-	-	-	-	-	79	-	21	-	-	-
V5	-	-	-	-	-	-	62	38	-	-	-	-
V9	-	-	-	-	tr	-	34	40	26	-	-	-
V7	-	-	32	20	-	-	39	9	-	-	-	-
C1	54	14	8	12	5	7	-	-	-	-	-	-
C4	-	-	-	-	-	-	60	-	-	8	-	32
C4'	61	-	-	tr	-	-	39	-	-	-	-	-
C6	63	16	tr	10	tr	7	tr	-	-	4	-	-
C11	48	11	14	15	4	8	tr	-	-	-	-	-
C12	74	5	5	9	3	4	tr	-	-	-	-	-

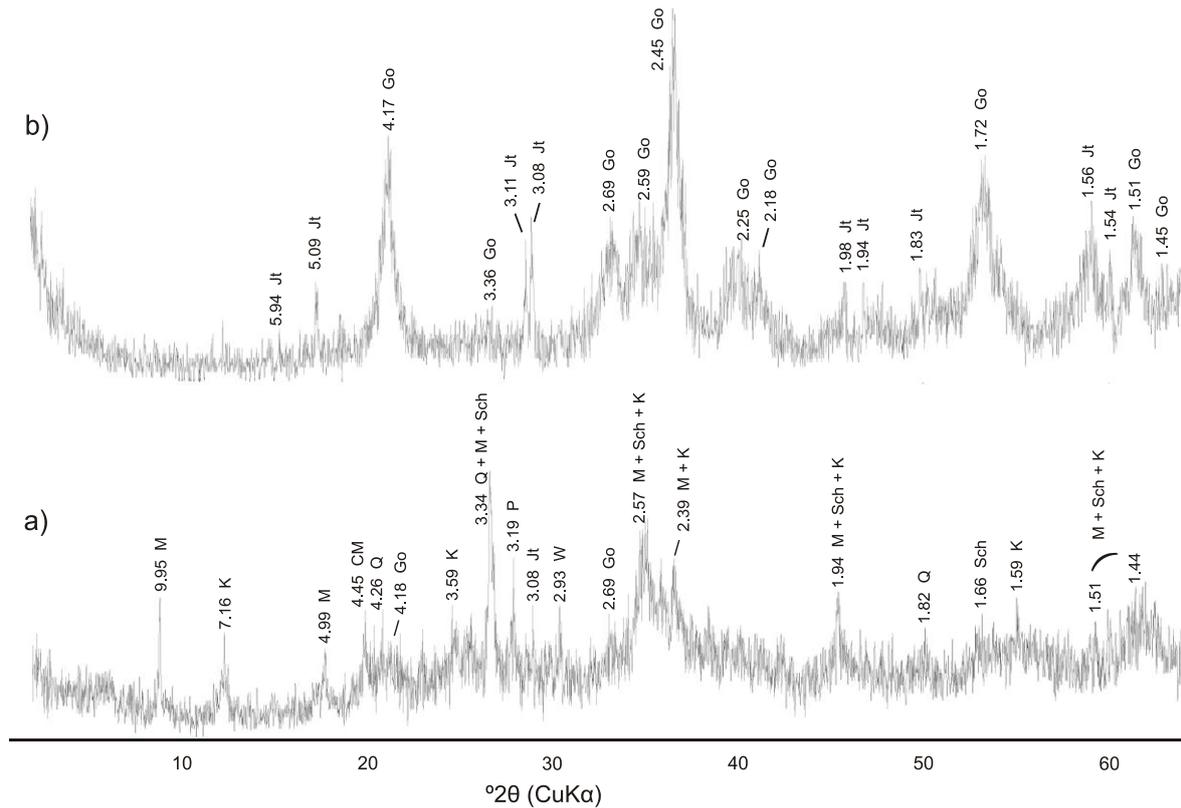


Figura V. 202. Difractogramas das amostras de sedimentos (fracção < 20 µm) colhidas no Ribeiro do Roço Negro: a) V3 09/09; b) V5 09/09. (d values em Å, Abreviatura de schwertmannite (Sch), distinta da indicação na Tabela V.66.

A composição mineralógica das amostras do Rio Coura apresenta um padrão diferente (Tabela V.66). O cortejo de minerais inclui as fases regionais, correspondentes a metassedimentos silúricos e granitóides Variscos, como quartzo, minerais de argila e gibbsite são praticamente ubíquos, embora em pequenas quantidades (≤ 5% e ≤ 8%, respectivamente). Contrariamente ao ribeiro, no Rio Coura os óxido de Fe e oxi-hidróxidos estão ausentes, com excepção de goethite. Esta fase ocorre em maiores quantidades em C4 (60%) e C4' (39%), localizada imediatamente após a confluência com o ribeiro.

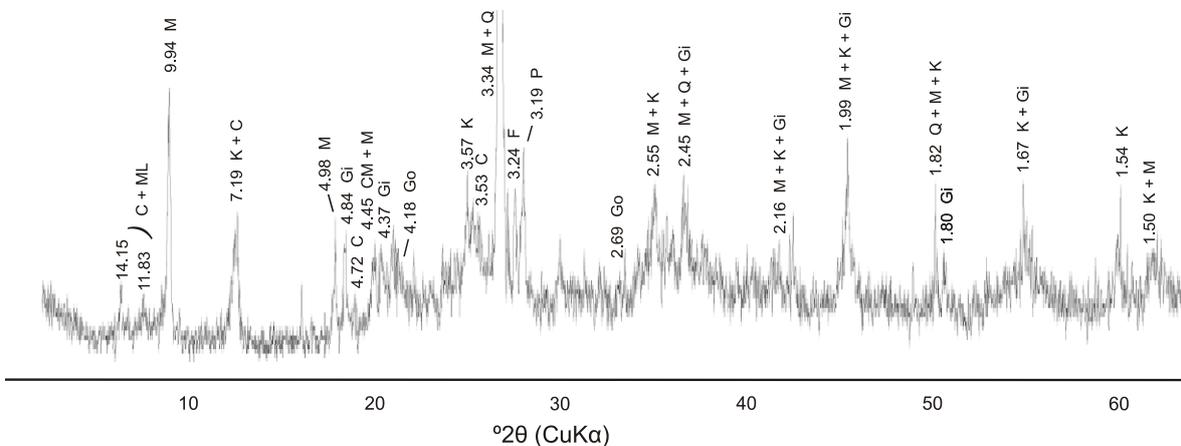


Figura V. 203. Difractograma da amostra de sedimentos (fracção < 20 µm) colhida no Rio Coura - C12 09/09 (d values em Å),

A presença de volframite e pirite no C4, C4' e C6 poderá ser o resultado de transporte mecânico dos resíduos de escomboreiras e cortas mineiras próximas (<100m), ou resultado da erosão do substrato rochoso do rio, onde ocorrem afloramentos de massas minerais com grande concentração de tungstato, nomeadamente ferberite - pseudomorfose após scheelite. Este resultado está de acordo com as observações à LB de concentrados de minerais densos do sedimento do leito, que seguidamente se passa a desenvolver.

### V.3.6. ESTUDO MINERALOMÉTRICO EM DRENAGEM ÁCIDA

Sobre os sedimentos de fundo de leito das estações do Rio Coura e Ribeiro do Poço Negro que foram objecto de estudo geoquímico, textural e mineralógico foram ainda realizadas observações à LB de fracções detríticas < 2mm (procedimento enunciado no Capítulo II, **Figura II.10**). Resultou destas a identificação mineralógica e a caracterização morfológica e morfoscópica de grãos da fracção densa.

Para o estudo mineralométrico procedeu-se a um novo programa de amostragem de sedimentos em zonas de retenção natural no Rio Coura e em alguns dos seus afluentes com detritos mineiros. A título comparativo, amostraram-se outros cursos de água da RMArga. Integra ainda este estudo um atlas de grãos sujeitos a drenagem ácida, sob influência mineira (**ANEXO XIII**).

#### V.3.6.1. Mineralometria de detritos densos em leitos de drenagem ácida - ensaio

Procedeu-se à concentração hidrográvica dos sedimentos de fundo de leito usando a bateia. Identificaram-se fases com fluorescência, sobretudo nas fracções finas a muito finas. Em muitos casos tratava-se de scheelite.

De uma maneira geral, as fracções mais finas de scheelite acompanhavam o material não apurado que, por este motivo, se conservou para observação ulterior.

Nas amostras das estações 05A e C4' (campanha 09/2008) testou-se ainda a separação em líquido denso (bromofórmio), a 25°C (densidade máxima do líquido 2,89 kg/L). Para melhorar a separação, realizou-se um pré-tratamento da amostra com ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) a 50% (**Figura V.204**), passando depois ao bromofórmio a fracção < 63 µm.

As primeiras observações, feitas à amostra tal - qual do Ribeiro do Poço Negro ( **Figura V.204**) revelaram difícil discriminação mineralógica devido ao: **1)** recobrimento generalizado de produtos ocre, com variações de espessura e complexidade textural (pátinas a microcrustificações, nas fracções detríticas e neoformadas); **2)** forte acreção das fracções mais finas num plasma agregador indiferenciado; **3)** marcas de reacção química com o meio aquoso (drenagem ácida, pH < 3); **4)** materiais com evidência de processamento mineiro em lavaria (baixo calibre, pelo grau de cominuição imposta - operações de moagem para cominuição < 0,7mm); **5)** elevados conteúdos de matéria orgânica sob a forma de restos vegetais e fragmentos de necroses de algas (geometrias na superfície dos grãos semelhantes às reconhecidas macroscopicamente - fibrosas e em favos).



Figura V.204. Sedimentos de fundo de leito da Estação 05A (fracção < 2 mm): **Amostra tal-qual** (1as observações); **Amostra após concentração à bateia** (reduzido apuramento); **Grãos separados manualmente** em LB, após concentração, organização segundo uma primeira identificação expedita; **Amostra após pré-tratamento** para separação ao bromofórmio (ataque com ácido); Amostra do concentrado densos (fracção < 63  $\mu\text{m}$ ) separados com líquido denso, bromofórmio, a 25°C (densidade máxima do líquido 2,89 kg/L); **Grupos principais de grãos**, com características similares, separados manualmente em LB e sob luz UV (discriminação de A a G no texto). Ilustrações em atlas (ANEXO XIII).

Da separação manual de grãos do concentrado reconheceram-se quatro conjuntos principais (da esquerda para a direita, **Separação Manual - Figura V.204**): **1ª coluna** - grãos fluorescentes e agregados (scheelite, apatite; volastonite; scheelite - volframite, scheelite - quartzo); **2ª coluna** - grãos silicatados com marcas, mais ou menos impressivas, da reacção com o meio de drenagem ácida (plagioclase, quartzo, escapolite); **3ª coluna** - grãos com recobrimentos consolidados e coerentes - argilosos e granulares; **4ª coluna** - grãos associados às gangas calcossilicatadas relativamente individualizados e resistentes à reacção com o meio aquoso (granadas, anfíbolos e piroxenas, em DRX identificou-se dióxido num grão composto, com albite, **Figura V.205**).

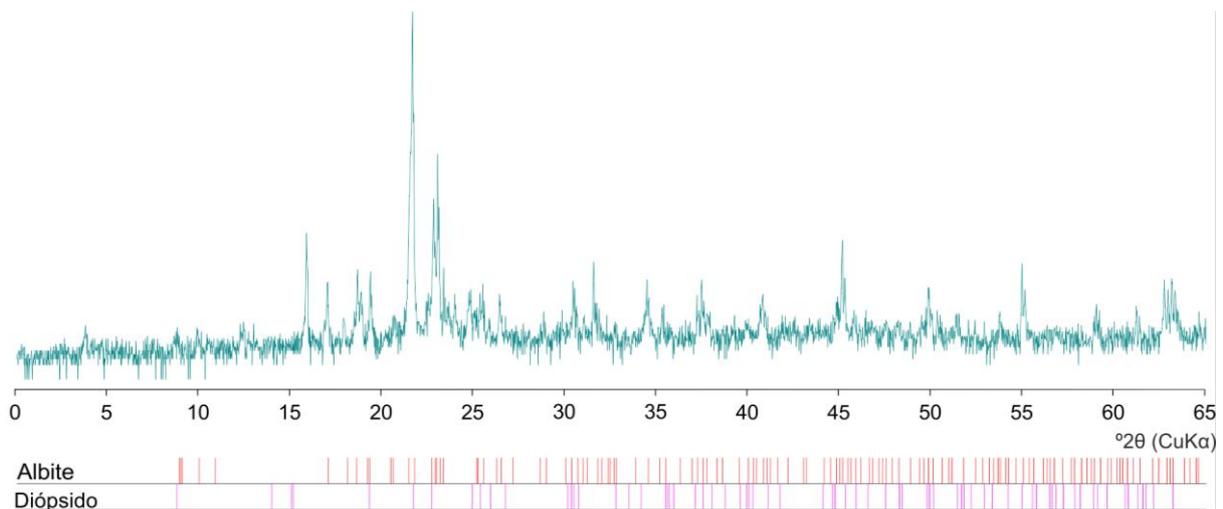
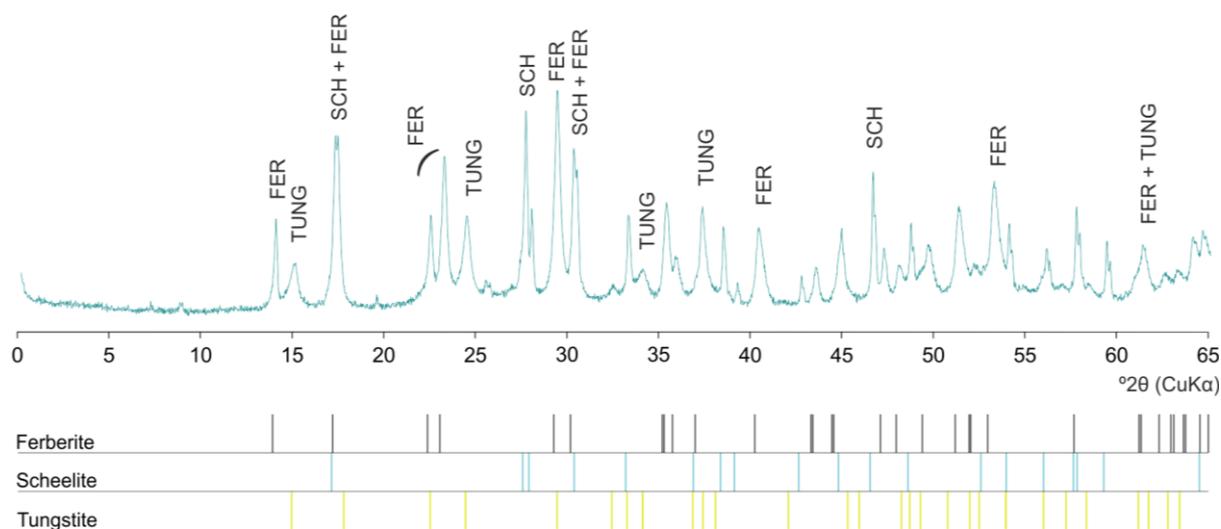


Figura V.205. Difractograma de RX correspondente a um agregado com minerais calcossilicatados: albite e dióxido (Estação 05A). Fichas JCPDS: 19-1184 (albite), 6-41-1370 (dióxido); picos dos minerais da base de dados ICDD.

O apuramento à bateia revelou limitações no controlo da separação dos materiais: 1) as crustas mais ou menos compactas e os revestimentos granulares e de produtos ocre dificultam a concentração hidrogravítica, dada a porosidade destes materiais; 2) nas crustas e revestimentos ocre estavam presentes fracções densas (como a scheelite, densidade  $\approx 6,1$ ), de calibres muito finos, inclusive integrando micro-crustas que encapsulavam grãos de fracções mais grosseiras. No intuito de superar as limitações anteriores foi realizada a separação em líquido denso, com tratamento preliminar por ataque químico (ácido nítrico), que promoveu uma reacção importante sobre as amostras.

Em determinados grãos, como os de scheelite e agregados calcossilicatados, o ácido nítrico e o bromofórmio reagiram formando um recobrimento com elevado contraste cromático, nos tons amarelos, identificado como tungstite. A discriminação em DRX (**Figura V.206**) inclui os seguintes picos diagnósticos 3.463 (100), 5.36 (80), 2.556 (50), 1.731 (45), 2.616 (40), 1.851 (40), 1.634 (40) (**Anthony *et al.*, 1990**).



**Figura V.206.** Diffractograma de RX sobre grão composto, com scheelite - ferberite, e ainda, um produto de reacção do ataque com  $\text{HNO}_3$  (de cor amarela), discriminado como tungstite. Fichas JCPDS: 27-0256 (ferberite), 41-1431 (scheelite) e 43-0679 (tungstite); picos dos minerais da base de dados ICDD.

Os principais grupos de minerais densos reconhecidos na amostra do Poço Negro - 05A - após separação com bromofórmio (**Figura V.206**) incluem: **A** - grãos de ferberite +/- scheelite; **B** - agregados calcossilicatados com scheelite; **C** - scheelite (completamente recoberta com pátina amarela, de tungstite); **D** - minerais calcossilicatados sem evidências de reacção ao ácido; **E** - minerais calcossilicatados com evidências de reacção ao ácido (do leito do ribeiro ou do pré-tratamento); **F** - sulfuretos alterados, indiscriminados, com marcas de corrosão e precipitação; **G** - produtos de alteração sem reconhecimento das fases minerais anteriores.

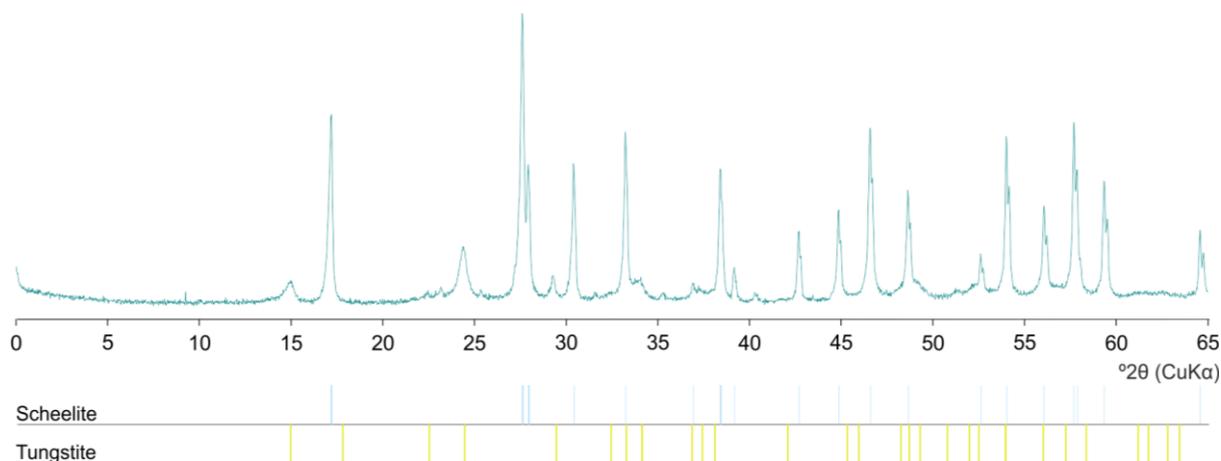
O sedimento de leito da estação C4' foi colhido abaixo do nível detrítico grosseiro, com cascalho e blocos rolados (diâmetros > 25cm). Apesar de ser uma estação fortemente perturbada pelo regime de descarga da mini-hídrica, com significativas variações de caudal diárias, o sedimento colhido apresentou conteúdos altos de densos nas fracções finas, volframite, scheelite, ilmenite e goethite (**Figura V.207**).



**Figura V.207.** Sedimentos de fundo de leito da Estação C4' (fracção < 2 mm): **Amostra tal-qual** (1as observações); **Amostra após concentração à bateia** (reduzido apuramento); **Grãos separados manualmente** em LB, após concentração; **Amostra após pré-tratamento** para separação ao bromofórmio (ataque com ácido nítrico); **Concentrado de densos** (fracção < 63  $\mu\text{m}$ ) separados com líquido denso, bromofórmio, a 25°C (densidade máxima do líquido 2,89 kg/L); **Grupos de grãos**, com características similares, separados manualmente em LB e sob luz UV (excluindo minerais calcossilicatados e de fundo regional). Ilustrações em atlas (ANEXO XIII).

Os conteúdos altos de SST e de material coloidal reflectem-se no revestimento dos grãos, desde um leve enrubescimento até uma pátina pulverulenta. No caso da Estação C4', o revestimento não prejudicou a concentração hidrográvica dos materiais, tendo sido possível identificar minerais à LB logo após o apuramento à bateia.

Após separação em líquido denso (Figura V.207), o concentrado da Estação C4', tal como o da Estação 05A, mostraram uma reacção semelhante com formação de tungstite (Figura V.208). Os sedimentos de C4' apresentavam maior proporção de sulfuretos nas fracções milimétricas e submilimétricas, sendo estas as que se revelaram mais susceptíveis ao ataque ácido.



**Figura V.208.** Difractograma de RX correspondente a grãos de scheelite recobertos por tungstite (Estação C4'). Fichas JCPDS: 41-1431 (scheelite) e 43-0679 (tungstite); picos dos minerais da base de dados ICDD.

Reconheceu-se, em C4', um conjunto alargado de minerais das litologias calcossilicatadas, bem como, minerais com susceptibilidade magnética. Iguamente observaram-se grãos compostos, tipo concreções de óxidos de Fe, com núcleos remanescentes de sulfuretos ou goethite (Figura V.209). Observaram-se, ainda, pseudomorfoses de goethite após pirite e grãos com hábitos esferoidais e desenvolvimento botrioidal (ANEXO XIII).

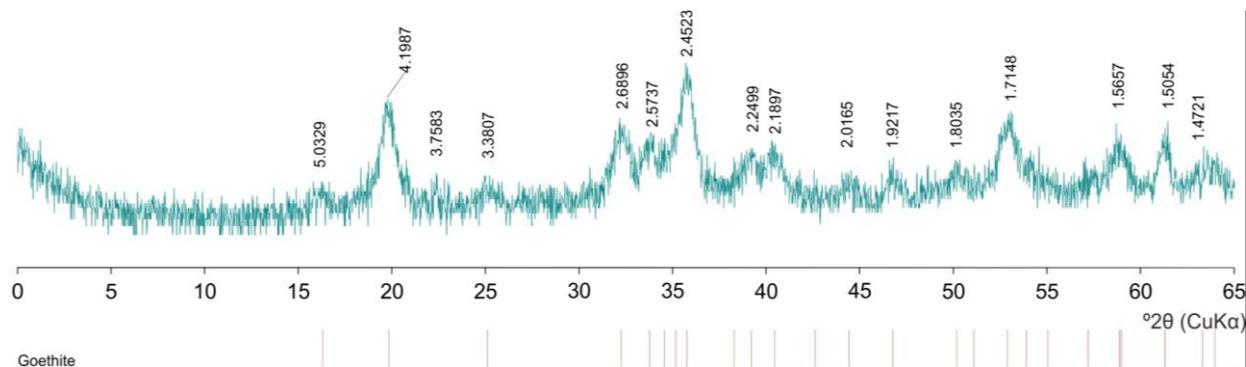


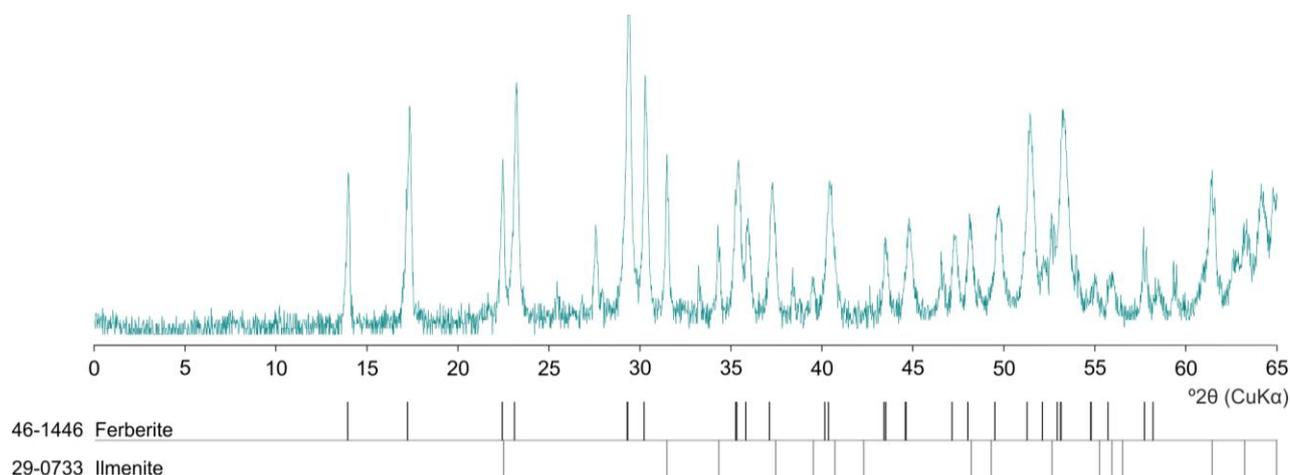
Figura V.209. Difractograma de RX correspondente a um grão composto, com núcleo de goethite, e revestimentos concrecionais policromáticos (Estação C4'). Destacam-se os picos [d (Å)], usados na interpretação. Fichas JCPDS: 29-0713 (goethite); picos dos minerais da base de dados ICDD.

Os concentrados das estações 05A e C4' (Figura V. 210) apresentam diferenças consideráveis no que respeita à quantidade de oxi-hidróxidos de Fe (goethite) e óxidos de Fe e Ti (ilmenite) (Figura V. 211), associados a magnetite e hematite (maior em C4'); e ainda à presença de minerais calcossilicatados com superfícies mais ou menos angulosas (mais em 05A).



Figura V. 210. Concentrados de grãos densos das estações 05A e C4' (fracção <math><63\mu\text{m}</math>), separados em bromofórmio após tratamento com ácido.

Da concentração hidrográvica dos sedimentos de leito estimaram-se as proporções das fracções densas: 0,1% para as estações 05A e V4; 0,07 e 0,09% para as estações C4' e C6; 0,06 a 0,009% para as estações V3, V5, V9, V7 e C4; <math><0,001\%</math> para as estações C11, C12 e C1.

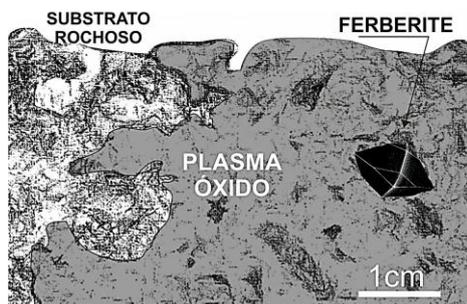


**Figura V. 211.** Diffractograma de RX correspondente a grãos de ferberite e ilmenite (Estação C4'). Fichas JCPDS: 46-1446 (ferberite), 29-0733 (ilmenite); picos dos minerais da base de dados ICDD. Fotografia de grãos seleccionados equivalentes aos analisados por DRX.

Os valores de proporção são muito baixos porque correspondem a amostragens indiscriminadas de materiais de fundo de leito e, ainda porque não se contabilizou a perda da fracção muito fina de scheelite nas operações de desbaste (ANEXO XII). Contudo, pode referir-se que no curso superior do ribeiro, designadamente nas estações 05A e V4, existe uma retenção de fracções densas. Esta pode ser promovida quer pela configuração do ribeiro nesse troço, quer por fenómenos e armadilhas relacionados com a crustificação ferralítica no leito. Aqui, o fenómeno de crustificação é favorecido pela estreita associação de colónias de algas filamentosas ao substrato (no leito de escorrência permanente). Por outro lado, a superfície da crusta (sobretudo no leito de estiagem) constituiu *per si* uma armadilha de elevada eficácia para as fracções mais finas, uma vez que fica revestida por necroses com uma textura em favo (ilustração na **Figura V.168**, atrás). A presença abundante de particulado fluorescente (scheelite) foi confirmada pela incidência de luz UV, sobre porções desmembradas de crustas ferralíticas com conspícuas estruturas em favo.

O fenómeno de retenção de minerais densos, concretamente tungstatos, nas crustificações ferralíticas do Ribeiro do Poço Negro (estações 05A, V4) é favorecido por um plasma óxido (que inclui óxidos, oxi-hidroxidos e oxi-sulfato de Fe) mais preponderante que o plasma argílico. O que é corroborado pela estimativa mineralógica em DRX (**Tabela V.66**, atrás), em que os conteúdos mais altos de goethite, jarosite e schwertmannite acompanham os conteúdos mais significativos de scheelite e volframite. Em observações no terreno foi possível reconhecer materiais que evidenciam a retenção de fracções densas em crustas de óxidos e oxi-hidroxidos de Fe, mesmo com granulometrias de calibre grosseiro (**Figura V.212**).

Confrontando os valores de análise química de sedimentos (fracção < 20 µm) destaca-se também o conteúdo excepcionalmente alto de W na Estação 05A (5340 - 3130pp em 09/2009 e 09/2008). Na mesma ordem de grandeza, verifica-se o conteúdo de W na Estação C4', 1040 ppm (09/2008), muito embora, na campanha de 09/2009 este conteúdo tivesse sido apenas de 84 ppm (ANEXO XI). A análise química dos sedimentos vem corroborar a presença de W nas fracções detríticas mais finas nestas duas estações, com maior importância na Estação 05A. Também em DRX sobre pós (fracção < 20 µm) para o sedimento da Estação 05A estimou-se 15% de scheelite (**Tabela V.66**, atrás). A intervenção na escombreira, em 2007, pode ter representado um acréscimo das fracções detríticas mais finas sobre o ribeiro e posteriormente com reflexo no Rio Coura; pela hidrodinâmica específica do rio, o conteúdo de W registado em 2008 teria sido disperso, decrescendo significativamente nas análises do ano seguinte.



**Figura V. 212.** Amostra de uma crosta de tipo ferralítico, de Valdearcas, cuja matriz corresponde a um plasma óxido agregador. Destaca-se o elevado conteúdo da fração detrítica, nomeadamente um cristal de ferberite retido pela matriz.

A importância da caracterização de concentrados justificou a ampliação do programa de amostragem no Rio Coura, dirigido especificamente à obtenção de sedimentos densos (em zonas de convergência a aprisionamento) para estudo mineralométrico. Como termo comparativo, foram ainda amostrados outros rios na RMArga.

### V.3.6.2. Mineralometria da fração densa de sedimentos retidos em drenagem natural

O programa de amostragem de sedimentos densos em zonas de retenção natural teve como objectivo obter concentrados propícios à identificação de indicadores de dispersão de influência mineira, concretamente na carga detrítica densa. O curso de água a que se dedica maior atenção neste estudo é o Rio Coura procurando complementar os estudos de geoquímica da água e dos sedimentos de fundo de leito.

A estratégia habitual em mineralometria, designada de “*follow-up*”, pressupõe o apuramento de minerais – guia ao longo de uma pista mineralométrica com dispersão de jusante para montante. Neste caso, o princípio adoptado é inverso, assume-se que a fonte é conhecida, localizada num EMA, e procura-se saber até onde se regista a sua influência na dispersão.

Na RMArga são muitos os cursos de água que atravessam espaços mineiros com escavações e escombrelas dispersas, que incrementam índices de concentração de densos, enviesando desta forma pistas mineralométricas (na óptica convencional). Mas, por outro lado, estes cursos permitem considerar os minérios perdidos nos tratamentos mineiros, as gangas e os minerais das formações encaixantes, distinguindo estes contributos nos sedimentos densos.

Para garantir um carácter abrangente, foram observados concentrados de bateia de vários cursos de água na RMArga, com drenagem directa de espaços mineiros, tais como:

**Vertente Este)** Ribeiras do Cavalinho, Razas e Fisga (Cerquido, Estorãos, Ponte de Lima); Regato de Água Levada (Estorãos, Ponte de Lima); Ribeira de Benvisa (Balouca, Cabração, Ponte de Lima); Rio Estorãos (Cabração, Ponte de Lima);

**Vertente Sul)** Ribeira de Santa Justa (Arcos, Ponte de Lima); Ribeira dos Campos (Ponte do Pereiro, Vilar Murteda, Viana do Castelo);

**Vertente Oeste)** Rio Ancora (Montaria, Viana do Castelo);

**Vertente Norte)** Rio Coura (Covas - Arga de São João, Vilar de Mouros); Ribeiro do Poço Negro (Vilares, Covas, VNCerveira); Ribeiro de São João (Ponte de São João, Arga de São João, Caminha).

O Ribeiro do Poço Negro foi sujeito a intervenções de carácter supletivo à remediação ambiental de 2007, que incidiram sobre o curso superior, afectando as estações V3, 05A e V4. A alteração topográfica e a introdução de materiais exteriores ao ribeiro, até então monitorizado (2007 a 2011), invalidaram a integração deste no programa de amostragem de sedimentos densos.

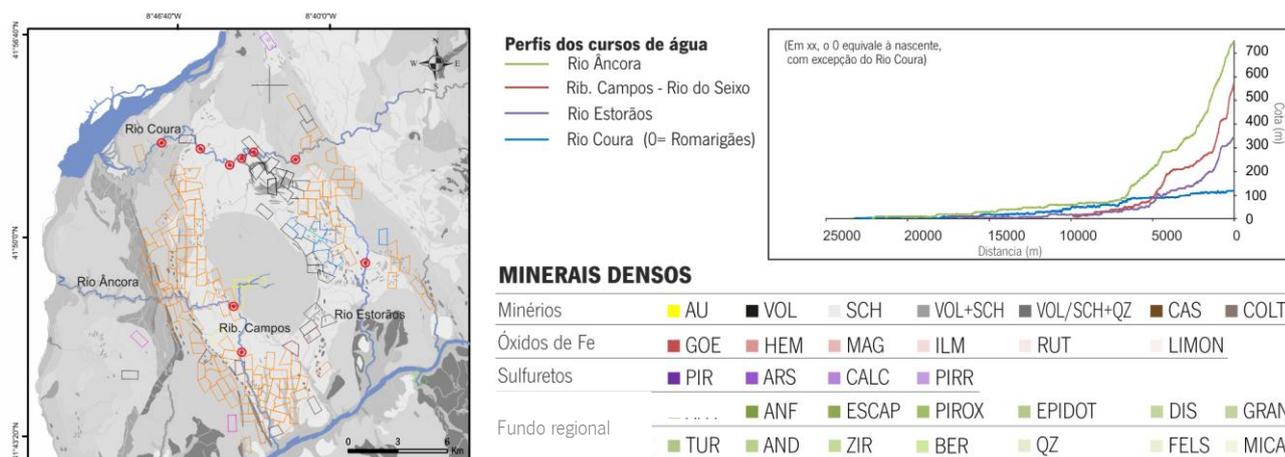
Para representar a influência, o mais aproximada possível, de uma fonte de rejeitos mineiros de Valdarcas, foi seleccionado um local a jusante da antiga escombreira de finos (**M1V**), correspondendo ao curso superior de um ribeiro, de regime permanente, afluente do Rio Coura. Os detritos mineiros teriam proveniência na escombreira da oficina de ustulação e beneficiação dos produtos finais da Lavaria de Valdarcas.

No curso inferior daquele ribeiro, seleccionaram-se zonas de retenção natural de densos (**M1A,B,C**), com a particularidade de estarem parcialmente recobertas por crustificações ferralíticas, relativamente consolidadas. A concentração deste material resultou num único concentrado. Foi também amostrada uma zona correspondente à confluência daquele ribeiro no Rio Coura (**M1D**) e ainda, já no rio, a cerca de 100m para jusante da confluência, num açude natural (**M1E**). Este conjunto de locais, designado por **M1**, representa zonas a montante da confluência do Ribeiro do Poço Negro (principal veículo de dispersão detritica de Valdarcas).

Os restantes locais de amostragem no Rio Coura foram: **C6** - *marmitas de gigante* em afloramento rochoso no leito do rio; **C11** - depósito eluvionar na margem do rio; **VM** - açude em Vilar de Mouros, após a área de concessão de Castelhão; **C12** - amostragem em três locais: fundo de leito (C12L), *placer* (C12p), margem (C12m).

Foi, ainda, amostrada uma zona no curso inferior do Ribeiro de São João, a 100 m da confluência com o Rio Coura (**CJ**), cuja colheita se realizou em diversas *marmitas de gigante*. O Ribeiro de Vinhas, afluente do Coura, foi seleccionado por reflectir a influência de uma área de exploração de cassiterite em depósitos eluvionares, ao longo de cursos de água afluentes do ribeiro. A colheita de sedimentos densos foi realizada a 200 m da confluência com o Rio Coura (**CV**) em *marmitas de gigante* e zonas de retenção.

Os cursos de água que integram o programa como termos comparativos foram seleccionados pela representatividade mineralógica regional – Rio Estorãos, Rio Ancora e Ribeiro dos Campos, além do Rio Coura (principal alvo de estudo), localizados na **Figura V. 213**. Os concentrados correspondem a “*selected spot*” (ss), ou seja, a pontos seleccionados em representações lineares concordantes ou tangentes ao curso de água. No seu conjunto expressam o cortejo de minerais densos discriminados na **Figura V. 214**.



**Figura V. 213.** Localização dos pontos de amostragem em cursos de água - “*selected spot*” - para o estudo mineralométrico de densos com proveniência mineira (discriminação litológica similar à da **Figura I.5**). Sobreposição dos perfis dos cursos de água em apreço. Discriminação do conjunto de minerais densos – gamas de cores aplicadas nos diagramas circulares da **Figura V. 214**. (Abreviaturas de minerais em índice próprio). Nota: Terminologia de minérios esclarecida na **Tabela V.67**.

A partir dos diagramas da **Figura V. 214** pode inferir-se uma dispersão mineralométrica de minerais densos no Rio Coura, podendo admitir-se uma proveniência mineira pelo espectro e variação dos minérios e a associação/proporção de gangas e minerais de litologias regionais. Nos restantes cursos de água não se pode fazer esta dedução.

O Rio Ancora e o Ribeiro dos Campos (tributário do Rio do Seixo) são exemplos de cursos com depósitos do tipo eluvionar e coluvionar, explorados para o Au e o Sn. Os minérios que se reconhecem nos seus concentrados confirmam estes índices (**Tabela V. 67**). Independentemente dos locais de amostragem seleccionados ficarem a jusante (Rio Ancora) ou a montante (Ribeiro de Campos) de oficinas de preparação de minérios, não se reconheceram vestígios de exploração ou tratamento, pelo que os sedimentos densos podem apenas representar um contributo natural, sem incremento mineiro. Nos cursos superiores, ambos de regime torrencial, o leito vivo é configurado por afloramentos rochosos, de natureza metassedimentar-granítica, com inúmeros veios de quartzo de segregação metamórfica (Rio Ancora) e metassedimentar com ocasionais afloramentos aplito-pegmatíticos (Ribeiro dos Campos).

O Rio Estorãos foi amostrado no curso médio, numa zona de baixo declive e alargamento do vale, com a serra d’Arga a W e a do Formigoso a E, onde estão inscritas várias áreas mineiras dedicadas ao Sn e Nb-Ta.

Na **Tabela V. 67** estão organizados os seguintes grupos de minerais: **minérios** dos vários depósitos minerais, **óxidos de Fe** (produtos de oxidação e óxidos primários poligénicos), **sulfuretos polimetálicos** (discriminados ou não), **minerais de fundo regional** (rochas carbonatadas, metavulcanitos a exalativos, granitos e rochas afins).

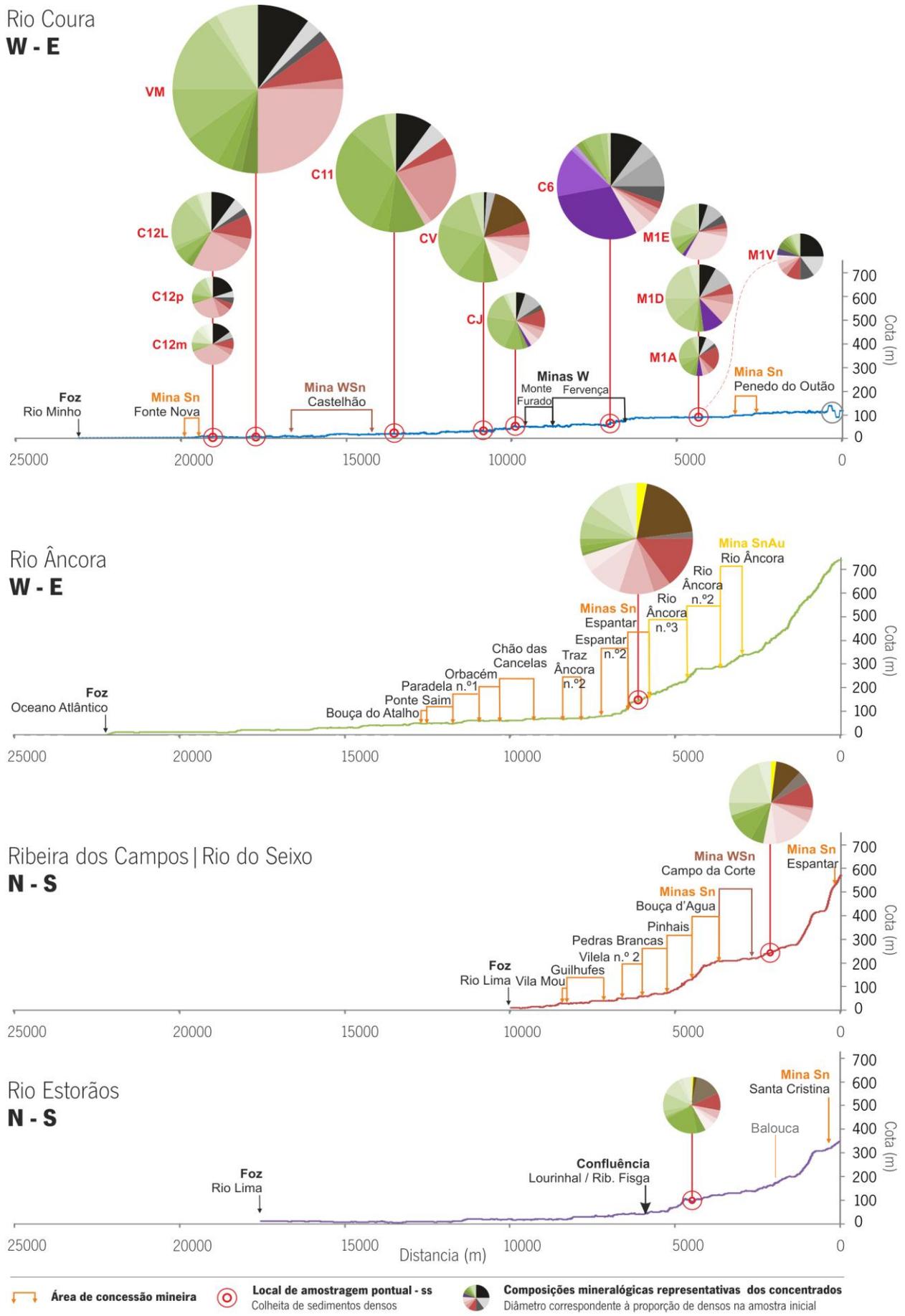


Figura V. 214. Composições mineralógicas representativas dos sedimentos densos amostrados no Rio Coura (Estações M1, C6, CJ, CV; C11, VM, C12), num local seleccionado do Rio Ancora, do Ribeiro dos Campos e do Rio Estorãos.

**Tabela V. 67.** Estudo mineralométrico de concentrados de bateia das estações seleccionadas no Rio Coura (e afluentes); Rio Ancora (Anc), Ribeiro dos Campos (Cam) e Rio Estorãos (Est). Qualificação das espécies minerais por comparação visual a ábacos (Devismes, 1978; Guigues, e Devismes, 1969) e difracção de Rx. Abreviaturas de minerais em índice próprio. Agrupamentos de minerais em minérios dos diferentes depósitos; óxidos de Fe (produtos de oxidação e óxidos primários poligénicos); sulfuretos polimetálicos (\* sulfureto indiscriminado); fundo regional (minerais de rochas carbonatadas, metavulcanitos a exalativos, granitos e rochas afins).

		M1V	M1A	M1D	M1E	C6g	C6f	CJ	CV	C11	VMAç	C12m	C12p	C12L	Anc	Cam	Est
Minérios	AU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	1
	VOL	25	6	8	5	5	15	5	1	10	10	15	20	10	-	<1	-
	SCH	15	8	10	10	5	15	10	3	5	3	5	5	5	-	-	-
	VOL+SCH	10	2	-	5	10	5	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	VOL/SCH+QZ	-	1	-	-	5	2	-	-	<1	2	1	5	3	-	-	-
	CAS	-	<1	<1	<1	-	-	1	15	<1	<1	-	-	-	20	10	2
	COLTAN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	5	15
Óxidos	GOE	10	20	-	3	2	15	10	5	5	8	8	5	10	15	10	10
	HEM	3	-	-	2	2	2	2	1	-	-	-	-	-	5	1	-
	MAG	5	5	5	3	3	10	5	5	2	-	5	10	5	10	5	5
	ILM	5	5	5	30	5	8	5	5	20	25	35	25	25	10	15	3
	RUT	-	-	-	-	-	-	2	10	-	2	-	-	-	5	5	1
	LIMON	1	5	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
Sulfuretos*	PIR	5	-	-	-	30	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ARS	-	5*	10*	2*	15	2	2*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CALC	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PIRR	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fundo regional	ANF	1	5	2	3	5	1	-	-	10	3	1	1	3	1	5	5
	ESCAP	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PIROX	-	2	1	2	-	1	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-
	EPIDOT	-	<1	2	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	GRAN	5	6	10	10	5	5	20	20	30	10	10	10	20	5	5	10
	TUR	3	10	15	5	-	2	5	5	5	3	5	5	5	2	10	20
	ZIR	2	<1	-	1	-	-	1	<1	<1	-	<1	<1	<1	2	2	1
	BER	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	DIS	1?	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AND	-	<1	5	-	2	1	10	10	-	7	1	2	2	5	-	3
	QZ	6	20	20	15	2	10	15	15	10	15	5	5	5	10	20	10
FELS	-	-	2	-	-	-	2	-	-	2	3	1	1	-	-	3	
MICA	1	5	5	3	1	-	5	5	3	10	5	5	5	5	5	5	

Na caracterização mineralométrica de densos ao longo do rio Coura, atendeu-se à influência dos campos mineiros: Serra de Covas e Lousado (contributo de cassiterite), Valdearcas (contributo de ferberite, volframite, scheelite), Dem - Cruz da Facha e Castelhão - (cassiterite e volframite). A influência dos campos mineiros a montante não parece significativa no que respeita ao contributo de minérios. Todavia, a presença de ilmenite dá indicações de uma influência da litologia regional tanto a montante como a jusante. Este óxido de Fe e Ti é o constituinte principal das areias pesadas que marcam os depósitos nas margens de inundação detectados nos vários pontos de amostragem do Rio Coura. O índice de ilmenite é apenas ultrapassado pela ferberite e scheelite nos locais com maior e mais próxima influência dos rejeitos mineiros de Valdearcas.

No que respeita aos minerais de litologias calcossilicatadas, podem considerar-se dois grupos: **1)** afins ao depósito do Domo de Covas e **2)** que integram formações regionais.

No primeiro caso, a paragénese do depósito primário poderá ser identificada pela presença de actinolite-tremolite + grossulária + diópsido + hedenbergite. A identificação mineralógica realizou-se em DRX sobre grãos. No caso das granadas, estas foram discriminadas com base nas diferenças cromáticas propostas por Lange (1964 cit por Rosler e Lange, 1972).

Nos concentrados mais influenciados pelo contributo de detritos mineiros (M1V e C6), as granadas apresentavam-se fortemente fragmentadas (< 0,7mm) e as piroxenas surgiam associadas a sulfuretos. Estas associações calcossilicatadas incluíam ainda a volastonite, vesuvianite (apenas detectado no caso de CJ) e ainda epidoto.

Os minerais calcossilicatados presentes em litologias regionais incluem abundante granada (possivelmente almandina - espessartite e, em menor percentagem, grossulária), hornblendas e andaluzite. Em alguns concentrados detectaram-se ainda grãos de silimanite (C6), estauroлите (CV) e, eventualmente, distena (M1V).

Os densos apurados com íman manual foram observados à LB e seleccionados grãos para DRX. Foram identificados: hedenbergite-piroxena (VMA1), silimanite com inclusões de clorite (VMA5), ilmenite (M1E), microclina (M1F), ferberite (M1D).

Com vista à diferenciação granulométrica, os concentrados M1V, M1E, C6, C11 e C12L foram crivados a 50µm, 200µm e 500µm (Tabela V. 68). A granulometria parece distinguir concentrados mais próximos da influência de rejeitos mineiros, nomeadamente nos calibres entre 200 – 50 µm (é o caso de M1V).

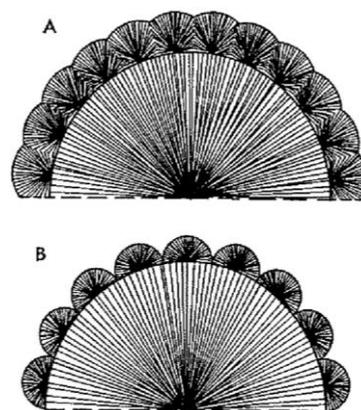
**Tabela V. 68.** Separação granulométrica de sedimentos densos (C6, C11, M1E, M1F e VML) em coluna de 3 crivos para malhas nos intervalos >400 µm, 400 a 200 µm, 200 a 50 µm e < 50 µm. Peso inicial normalizado a 100g.

	M1V	M1E	C6	C11	C12L
> 400 µm	55,2	93,7	90,9	87,1	88,1
400 - 200	45,5	3,9	6,3	9,9	11,2
200 - 50	62,7	18,2	40,0	38,9	15,0
< 50 µm	18,8	50,0	25,0	14,3	30,0

Além da granulometria sugerir uma influência mineira, também a morfoscopia, ou caracterização de texturas e superfícies do grão, parecem ser indicadoras de um fenómeno de dispersão mineira, com figuras de alteração típicas de ambientes de drenagem ácida (sobre óxidos e oxi-hidroxidos de Fe).

A caracterização morfoscópica de grãos atendeu ao grau de polimento, esfericidade, arredondamento e ainda, em observações pontuais, reconheceram-se feições relacionadas com achatamento, rugosidade, marcas de percussão e dissolução/precipitação. Em todos os concentrados foram identificadas patinas ou formas de alteração/neoformação supergénica (Figura V.215 e ANEXO XIII) que além de fornecerem informações da evolução dos sedimentos, podiam ainda sugerir indícios da sua proveniência, processamento mineralúrgico e evolução em escombrelas ou efluentes.

**Figura V. 215.** Estruturas fibrosas radiadas de limonites evoluídas a partir de pirite e de pirrotite, com uma camada sobreposta. Ilustração e descrição segundo Blanchard (1968): **A** - Limonite evoluída a partir de pirite. Crescimento de compósitos esferoidais, constituídos por repetições da unidade padrão. Em observação ampliada distingue-se bem a limonite acicular. Os crescimentos esferoidais são claramente reconhecíveis, bem como, os núcleos esponjosos, muito embora estes não sejam tão regulares. Geralmente a limonite evoluída a partir de pirite tem um revestimento ceroso e os compósitos esferoidais aparentam crescimento conjunto. **B** - Limonite evoluída a partir de pirrotite. Crescimento de compósitos semiesferoidais, que se apresentam como unidade padrão.



### V.3.7. RELAÇÃO MINERAL – CONTEÚDO QUÍMICO (ÁGUA E SEDIMENTO)

Entre o sedimento de leito, os silicatos e minerais acessórios de litótipos encaixantes do depósito do Domo de Covas foram identificados principalmente no estudo mineralométrico. Associar-se aos níveis mineralizados, que integraram o material estéril desmontado:

- rochas calcossilicatadas com paragénese que incluem apatite, grossulária, epidoto, piroxena, plagioclase (genericamente responsáveis por anomalias em Ca, P e TRL);
- metavulcanitos félsicos, com Be e segregados pegmatóides associados.

É de notar, pelos estudos da assinatura metálica apresentados em **Dias (2012)** para a região mineira da Serra d'Arga, a distribuição da afinidade exalativa em todo o bloco Silúrico envolvente do maciço de Arga, por impregnação vulcanogénica-exalativa prevalecendo em constituintes como V, Cr, eventualmente Ni e Co. Estes podem ocorrer preferencialmente associados a micas, turmalinas, skuturodites  $[(Co,Ni,Fe)As_2]$ , que ocorrem em xistos negros, liditos, quartzitos e determinados anfíbolitos. Nos sedimentos do Rio Coura, estes conteúdos (V, Cr, Ni, Co) têm maior expressão distanciados relativamente ao principal fulcro de dispersão metálica (EMa de Valdearcas), contrariamente ao seu comportamento na água (**ANEXO X**).

Nos sistemas em estudo, sob influência directa do EMa de Valdearcas, os constituintes maiores que integram os materiais estudados parecem estar bem relacionados com o potencial metálico primário do depósito. As anomalias podem estar a ser determinadas pela mineralização em sulfuretos, óxidos e tungstatos primários, designadamente os seguintes metais: W, Cu, Zn, Ag, Sb, Bi, Pb e ainda As.

As variações intercondicionadas (**ANEXO XI**) de metais nos sedimentos permitiram reconhecer:

- a) correlações positivas que sugerem uma mobilidade afim ou retenções simultâneas [ex. As/V; As/Cr; As/Y; As/Bi; As/P; As/Zn] (determinadas para o conjunto de amostras do Poço Negro);
- b) correlações negativas sugerem mecanismos de retenção diferenciado [ex. Fe/Zn; Sb/Zn; Fe/Sb].

Especialmente o Ca, com valores mais altos no Poço Negro, está bem associado a portadores da paragénese primária. Em diagramas de co-variação de conteúdos metálicos na água reconheceram-se correlações lineares positivas indicadoras de mobilização simultânea (ex. Ca /Al e Ca/Zn) (**ANEXO XI**).

Pode assumir-se que o Al e Fe são os elementos que integram os suportes mineralógicos principais e os constituintes determinantes da adsorção do meio. A correlação de Al e Fe nos sedimentos é negativa. Os diagramas de co-variação destes conteúdos e um conjunto de catiões permitem reconhecer variações imputáveis a cada um (**ANEXO XI**).

Os minerais de argila (com maior expressão tanto em C1, C12, como em 05A) e a gibsita (em C6 e C11) podem considerar-se suportes minerais importantes no estabelecimento de mecanismos de adsorção no meio, designadamente

de Al e Mg. A concentração de Al nos sedimentos e a composição daquelas fases minerais (estimativa sobre difractogramas de pós) não apresenta boa correlação para o sistema do Poço Negro, contudo sugere relações lineares positivas (mais definidas para a gibsite) tanto na zona de confluência (C4-C6), como, paralelamente, nos troços mais a jusantes do Coura (C11-C12) (**ANEXO XI**)

Por seu turno, a presença de goethite associa-se à fixação de Fe, com maior expressão nos ambientes de drenagem ácida (05A - V7), apresentando correlações lineares o conteúdo de Fe nos sedimentos e a composição estimada de goethite.

A tendência para a acumulação de Cd, Cu e Zn nos sedimentos pode estar relacionada com a presença de caulinite e sulfatos como jarosite e schwertmannite (identificados em DRX), com maior prevalência no curso superior do Ribeiro do Poço Negro (V3 a V4) (**ANEXO XI**).

No estudo dedicado a sistemas com paragénese de elevada reactividade e forte interacção mineral-água, destacou-se a importância dos conteúdos em TR e o estudo da sua fraccionação.

Do ponto de vista regional, é atribuída à apatite uma assinatura TRL >> TRP (**Dias, 2012**), afectando os perfis de fraccionação, que ficam desnivelados. A caulinite é, por sua vez, também frequentemente associada a conteúdos TRL. A anomalia em Eu\* é também um indicador da alteração das plagioclases em rochas caulinizadas. A combinação TRL e Eu\* sugere a evolução do sistema por influência de mecanismos de alteração meteórica dos suportes litológicos regionais.

Todavia, na caulinite a adsorção de TR é um mecanismo muito dependente do pH. A formação de caulinite em ambientes com pH 3 - 4 promove a adsorção das TR, com a sua depleção no meio aquoso, situação que poderá ocorrer no ambiente C4 - C4'. O ambiente de drenagem ácida amplia assim fenómenos de evolução natural em EMa.

A análise química (ICP-MS) dos sedimentos não contemplou o grupo das TR, no entanto, pelo significado que representa enquanto assinatura metálica de portadores litológicos regionais e bem assim por assinalar comportamentos controlados por fenómenos de drenagem ácida, justifica-se o desenvolvimento de uma linha de investigação especificamente dirigida à relação do conteúdo mineralógico e as concentrações das mesmas em suporte específico.

Tanto em sistemas com paragénese de elevada reactividade (EMa de Valdearcas), como em sistemas com paragénese de reactividade moderada (EMa de Santa Justa, do Fulão ou Castelhão) reconheceram-se factores que controlam o seu estado de evolução, intrinsecamente relacionado com fenómenos de neoformação e interacção mineral-água. Estes podem ser entendidos mais amplamente como o controlo sobre o comportamento ambiental dos materiais geológicos (expostos por via natural ou mineira) susceptíveis de alteração e com implicações no cortejo e concentração de elementos químicos dos receptores como água de drenagem, de escorrência superficial, sedimentos e produtos neoformados.



# VI. CAPÍTULO

## GERAÇÃO DE MODELOS CONCEPTUAIS – CLASSIFICAÇÃO DO EMa

---

### DESCRITORES PARA A GERAÇÃO DE MODELOS

Geológico - definição do depósito

Mineiro - definição da mina

Ambiental - definição do impacto

Patrimonial - definição da singularidade

### MODELOS CONCEPTUAIS PARA DEPÓSITOS-TIPO

1 - Metassomatitos em associações protolíticas vulcanogénicas e sedimentares exalativas - W, Bi, Te, Au

2 - Aplitepegmatitos de tipo LCT predominante com veios hidrotermais associados - Sn Ta Nb, Li

3 - Enxames venulares relacionados com focagem hidrotermal em zonas de cisalhamento - Au, W, Bi, Te, Zn

4 - Gossan em sequências metavulcanossedimentares - Fe

5 - Depósitos tipo *placer* - aluvionar e eluvionar - Au, W, Sn, Ta, Nb, Ti

### ATRIBUTOS PARA A CLASSIFICAÇÃO DO EMa

Potencialidade económica

Impacte Ambiental

Património Geológico e Mineiro



## VI. GERAÇÃO DE MODELOS CONCEPTUAIS

Os descritores considerados no estudo do funcionamento mineiro passado (Capítulo IV) e no diagnóstico da evolução do EMA (Capítulo V) incluem as seguintes componentes: geológica ou do depósito mineral, técnica-administrativa ou mineira, do impacte ambiental e da valência patrimonial. Distinguiram-se cinco depósitos-tipo: **1)** metassomatitos em associações protolíticas vulcanogénicas e sedimentares exalativas; **2)** aplitopegmatitos de tipo LCT predominante com veios hidrotermais associados; **3)** enxames venulares relacionados com focagem hidrotermal em zonas de cisalhamento; **4)** gossan em sequências metavulcanossedimentares; **5)** *placers*.

O estudo isolado de cerca de 170 antigas áreas mineiras, concessionadas na RMArga, revela-se fragmentário e parcelar quando se tem em vista a revisão de uma região mineira e o seu ordenamento territorial. A síntese convergente dos vários elementos analíticos permitiu a geração de modelos conceptuais com vista a um sistema integrado de gestão do EMA (Figura VI. 1).

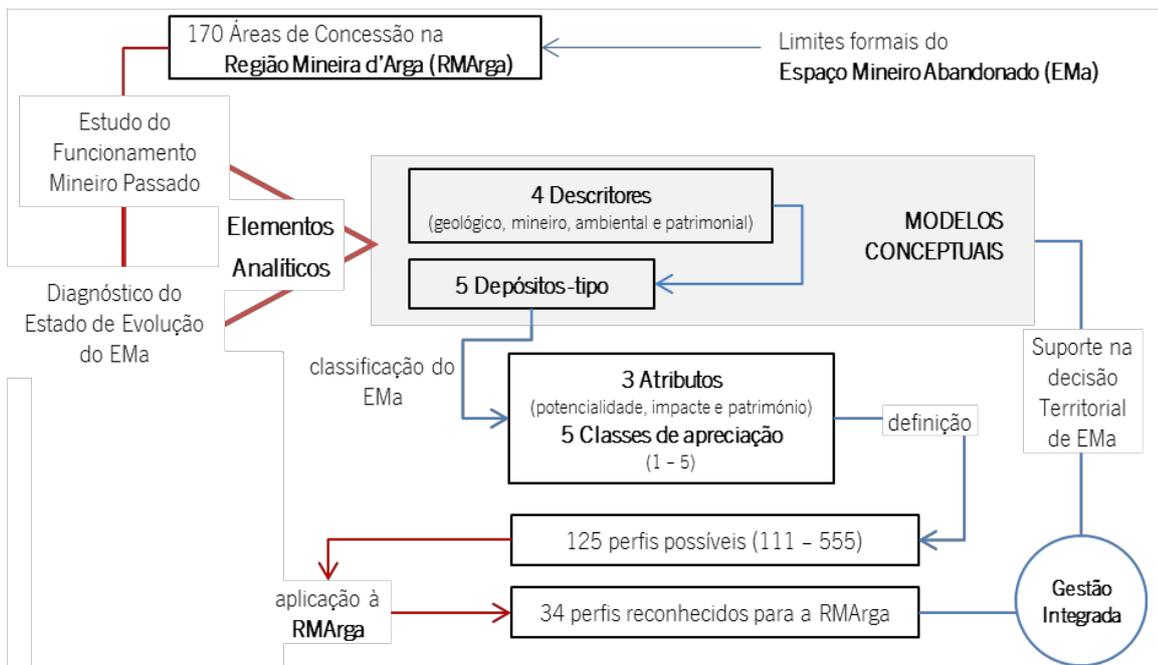


Figura VI. 1. Esquema de organização das conclusões. Relações desenvolvidas neste estudo (—); relações propostas neste estudo (—).

A geração de modelos conceptuais pôs em evidência os três atributos fundamentais de qualificação do EMA: **potencialidade** (combinando os descritores geológico e técnico); **impacte ambiental** (combinando os descritores geológico, técnico e ambiental) e **património** (directamente relacionado com descritor patrimonial). Para cada atributo associou-se uma escala de apreciação com cinco classes (de 1 a 5). Desta forma, podem formular-se perfis numéricos (com três dígitos, de 1,1,1 até 5,5,5) com diferente relevância na gestão territorial (Figura VI. 1).

Neste capítulo serão abordados os 4 descritores, reforçando algumas conclusões deste trabalho, que estão na base dos próprios modelos conceptuais dos diferentes tipos de depósito. A proposta final concretiza-se numa matriz de ordenamento territorial suporte ao sistema integrado de gestão de EMA.

## VI.1. PADRÕES DE DESCRIÇÃO

Os depósitos explorados no passado, na RMArga, foram agrupados segundo uma tipologia que atendeu a critérios metalogenéticos e de especialização metálica (Tabela VI. 1). A discriminação genética decorreu, fundamentalmente, dos estudos de análise estrutural e paragenética desenvolvidos para a RMArga, nomeadamente sobre o campo aplito-pegmatítico (Leal Gomes, 1986, 1994), corpos filonianos hidrotermais (Gaspar e Leal Gomes, 1992, 1994) e terrenos silúricos (Dias e Leal Gomes, 2009 e Dias, 2012).

Tabela VI. 1. Tipologia proposta para os depósitos explorados na RMArga, índices aplicados ao longo do texto. Consideram **substâncias-alvo**, aquelas que tenham revelado e revelem actualmente interesse extractivo.

ÍNDICE	DESIGNAÇÃO	SUBSTÂNCIA(S)-ALVO
T1	Metassomatitos em associações protolíticas vulcanogénicas e sedimentares exalativas	W, (Au)
T2	Aplitopegmatitos de tipo LCT predominante com veios hidrotermais associados	Sn Ta Nb, Li
T3	Enxames venulares relacionados com focagem hidrotermal em zonas de cisalhamento	W, Au, (Zn)
T4	Gossan em sequências metavulcanossedimentares	Fe
T5	Depósitos tipo <i>placer</i> - aluvionar e eluvionar	Au, W, Sn, Ta, Nb, Ti

A pesquisa sobre a intervenção mineira no decurso do séc. XX e o diagnóstico do estado de evolução ambiental das áreas concessionadas contribuiu para deduzir os modelos conceptuais dos diferentes tipos de depósito. O padrão de descrição para cada modelo está sintetizado na Figura VI.2.

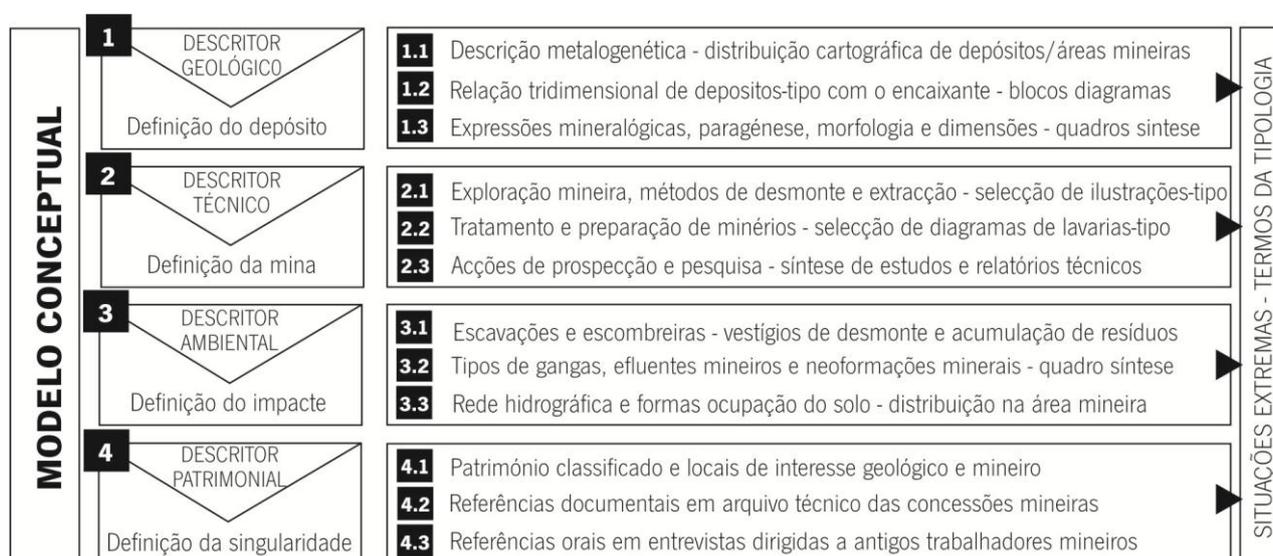


Figura VI. 2. Níveis de organização dos descritores aplicados na geração de modelos conceptuais para o EMA - padrão de descrição.

Para cada descritor referem-se as “situações extremas ou termos da tipologia” (Figura VI.2) que representam casos, depósitos ou concessões mineiras, que ampliam a diversidade considerada no padrão de descrição. Estas situações atípicas apontam a diversidade e particularidade dos depósitos explorados.

## VI.1.1. DESCRITOR GEOLÓGICO

O critério adoptado para a síntese tipológica foi o geológico. Estudos prévios de petrogénese e metalogénese são fundamentais para a descrição dos depósitos-tipo, muito embora não se pretenda num modelo conceptual a sua explicação exaustiva. Na descrição atende-se à distribuição espacial de afloramentos recorrendo a representações tridimensionais (Figura VI. 3) que ilustram relações depósito-encaixante e a hipótese metalogenética proposta.

Na RMArga, os eventos capazes de gerar concentrações de metais úteis escalonaram-se desde o Silúrico ao Quaternário. Podem indicar-se vários momentos na escala geológica nos quais se verificaram condições petrogenéticas propícias à formação de depósitos com mineralizações mais ou menos expressivas. A classificação tipológica dos depósitos na Serra d'Arga foi interpretada à luz desse escalonamento temporal e metalogenético, reconhecido nos vários estudos de geologia e petrologia regional, dentre os principais: Leal Gomes (1987, 1994, 1995, 1999), Leal Gomes e Gaspar (1993, 1995), Coelho (1990), Dias e Leal Gomes (2007, 2010a, 2010b; 2010c); Dias (2012).

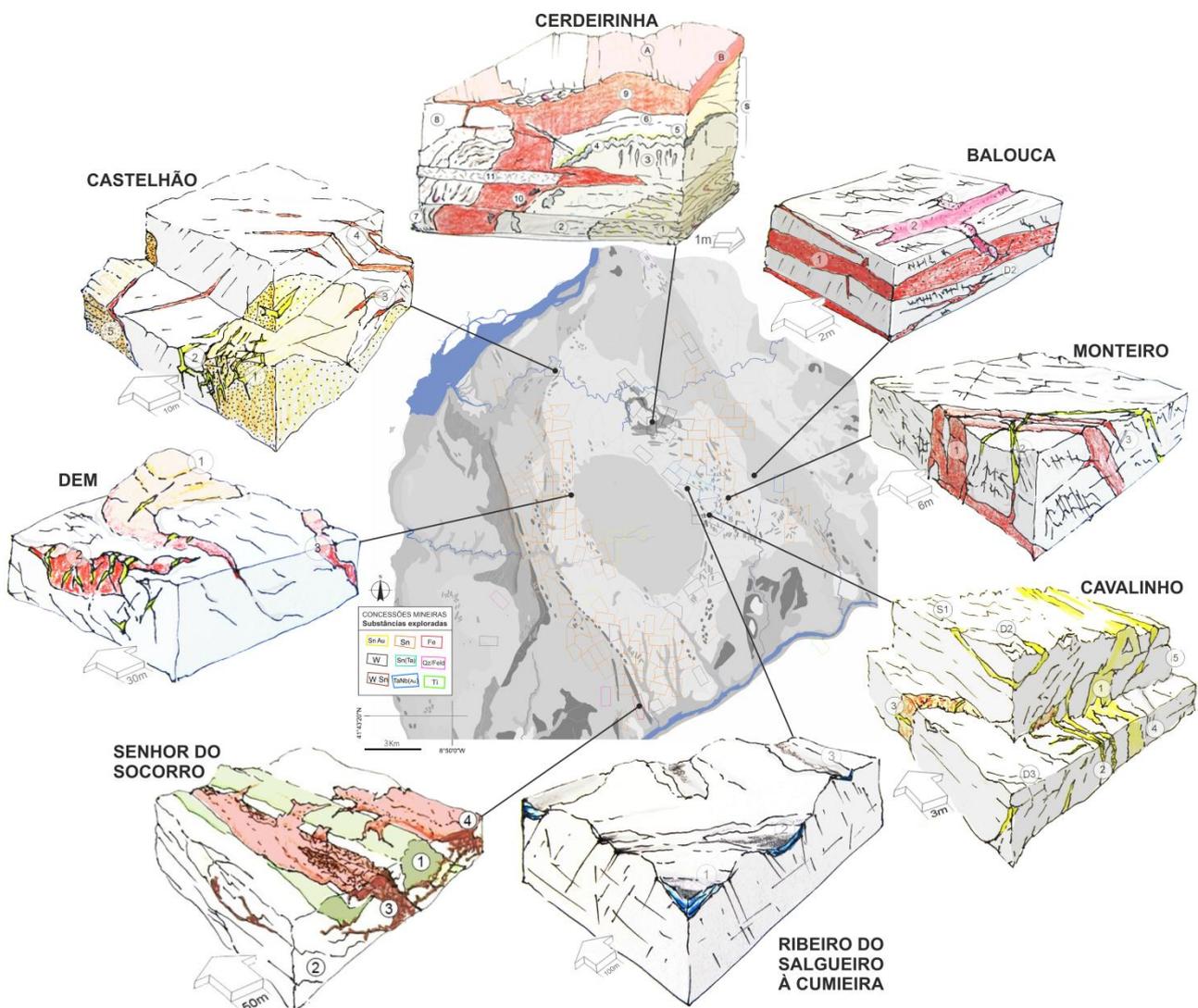


Figura VI. 3. Localização dos depósitos-tipo paradigmáticos ilustrados em blocos diagrama de cada tipologia: T1 - Cerdeirinha (metassomatitos em associações protolíticas vulcanogénicas e sedimentares exalativas); T2 - Monteiro, Balouca e Dem (aplitopegmatitos LCT com veios hidrotermais associados); T3 - Cavalinho e Castelão (enxames venulares hidrotermais em zonas de cisalhamento); T4 - Senhor do Socorro (gossan em sequências metavulcanossedimentares); T5 - Ribeiro do Salgueiro à Cumieira (depósitos tipo *placer* - aluvionar e eluvionar). Base geológica simplificada de Dias (2012) (legenda no Capítulo 1).

Para cada tipo de depósito referem-se associações mineralógicas e paragenéticas, com ênfase nos minerais-alvo ou minérios, sintetizados na **Tabela VI. 2**, em que se distinguem substâncias que foram exploradas no passado de forma regular, irregular e pontual.

**Tabela VI. 2.** Quadro-síntese dos minérios alvo de exploração (ou em vista, no caso do Li), em função do seu portador tipológico.

	Portadores*	METASSOMATITOS VULCANOSSEDIMENTARES EXALATIVOS	APLITO- PEGMATITOS TARDI-VARISCOS	HIDROTERMALITOS EM ZONAS DE CISALHAMENTO	GOSSANS	PLACERS
Fe	sulfuretos primários e produtos de oxidação	Oxi Sulf				
Au,Ag	ARS - GAL - QZ - livre			Au <sub>n</sub>	Au <sub>e</sub>	
W	matriz calcossilicatada e sulfuretada; quartzosa	VOLF - SCH		VOLF (SCH)		VOLF
Sn	matriz aplito-pegmatítica e bordos de greissenização		CAS			CAS
Ti	matriz calcossilicatada e sulfuretada; aplito-pegmatítica					ILM
Nb,Ta	matriz aplito-pegmatítica		NbTAN			NbTAN
Li	matriz aplito-pegmatítica		PET ESP			

#### SIMBOLOGIA

Substância explorada (aproveitamento regular)	
Substância presente (aproveitamento irregular)	
Substância presente (ganga ou estéril)	
Substância vestigial (aproveitamento pontual)	

#### ABREVIATURAS

Metais	Espécies minerais	Referência
Fe	Sulfuretos e Óxidos de Fe	Sulf - Oxi
Au-Ag	Au nativo Au electrum	Au <sub>n</sub> - Au <sub>e</sub>
W	Volframite e Scheelite	VOLF - SCH
Sn	Cassiterite	CAS
Ti	Ilmenite	ILM
Nb-Ta	Niobiotantalatos	NbTAN
Li	Petalite - Espodumena	PET-ESP

A referência a expressões mineralógicas, paragéneses, morfologia e dimensões dos depósitos fundamenta-se em estudos de referência, documentação técnica das concessões mineiras e no trabalho de reconhecimento e amostragem que decorre deste estudo. Por exemplo, no que respeita a possança e atitude dos filões explorados, os dados foram recolhidos nos Planos de Lavra dos *Dossiers mineiros das concessões* (explorados no **Capítulo IV**).

Genericamente, para cada depósito-tipo podem distinguir-se as seguintes morfologias e dimensões:

- **T1** (metassomatitos vulcanossedimentares exalativos) – estratóides, métrico a quilométrico;
- **T2** (aplito-pegmatitos tardi-Variscos) - filonianos (tabular, lenticular, radial, irregular), métrico a decamétrico;
- **T3** (hidrotermalitos em zonas de cisalhamento) - filonianos – venulares, centimétrico a métrico;
- **T4** (gossans) - muito distintos, mediante a zona promotora de fenómenos de oxidação-redução, constituindo, genericamente, massas irregulares, descontínuas, não excedendo dimensões decamétricas;
- **T5** (*placers*) - bacias ou canais de deposição/retenção, com configurações distintas, mediante a topografia, largas e extensas, em vales e planícies aluviais ou confinadas em encaixes de cursos de água com perfis declivosos até aplanados e padrões de drenagem torrenciais até dendríticos que promovem concentração detrítica.

### VI.1.2. DESCRITOR TÉCNICO-MINEIRO

Este descritor baseia-se no estudo da actividade mineira formal, cujo processo de concessão (similar nos vários quadros legais) implicava a apresentação de planos de lavra, onde constavam as opções técnicas relativas à exploração mineira (métodos de desmonte e extracção); ao tratamento e preparação de minérios (plantas e diagramas de lavarias-tipo). Inclui-se ainda neste descritor dados relativos às acções de prospecção e pesquisa não necessariamente discriminadas para um tipo de depósito, mas para uma área ou couto (plantas de trabalhos, descrição de materiais colhidos e relatórios técnicos desenvolvidos pelas concessionárias ou outras entidades interessadas).

Nos relatórios técnicos são propostas uma ou mais formas de aproveitamento, em função do tipo de depósitos, da configuração do terreno, etc. Indicam-se as várias abordagens na preparação e traçagem, no desmonte e extracção, transporte, entivação, esgoto, ventilação e iluminação. Por serem frequentes as ilustrações relativas a este descritor seleccionaram-se esquemas representativos das principais opções adoptadas.

A grande maioria dos concessionários da RMArga procedia ao tratamento dos minérios em duas fases. Uma primeira fase de preparação era realizada em oficinas junto à mina. A segunda fase, incluía separações específicas ou afinamento de concentrados, realizadas em oficinas deslocadas das RMArga. A deslocação do material desmontado pré-seleccionado de um ponto de extracção para uma sede de tratamento do mesmo concessionário era uma prática frequente na RMArga. Estes centros de tratamento, designados de *lavarias-sede* (**Capítulo IV**), eram oficinas, na maioria, accionadas manualmente, que incluíam as três operações básicas: **fragmentação** (a redução do calibre era obtida por *britagem, granulação e moagem*); **classificação** (operação intermédia que promovia uma selecção prévia por crivagem ou jigagem) e **concentração** (praticada desde a frente de desmonte, em operações baseadas nas propriedades ópticas e gravíticas nos minérios).

As oficinas mecânicas mais elaboradas, accionadas com energia eléctrica, conduzida desde a Central Hidroeléctrica do Coura, faziam intervir propriedades diagnósticas além da densidade. São poucos os casos de lavarias com dimensão, que realizassem beneficiação de minérios e com adaptações técnicas dirigidas ao tipo de materiais a tratar, daí que este item do descritor técnico seja pouco desenvolvido, no que respeita à RMArga. Contudo, sempre que possível seleccionaram-se *diagramas de tratamento* dos minérios, em que se elencam o conjunto de operações e equipamentos que operavam naquelas oficinas.

Indicam-se no mesmo descritor os valores de produção declarada pelos concessionários, obtidos pelo cruzamento de informações em: *dossiers mineiros*, mapas de *impostos tributados - taxas proporcionais* no **Diário do Governo (Séries II, 1919-1960)**, e nas secções de *movimentos e processos mineiros* do **Boletim de Minas (1913, 1940, 1941)**.

Apesar deste descritor se concentrar sobre a actividade mineira formal, é importante realçar que, no período de estudo considerado, o séc. XX, pode assumir-se que as primeiras actividades mineiras conducentes à descoberta de depósitos e ao seu aproveitamento parcial foram realizadas de forma furtiva, espontânea e sem orientação técnica (vulgo “pilha”). Realizavam-se indiferenciadamente sobre afloramentos ou indícios antigos, como escombrelas e escavações com características de lavras ancestrais, possivelmente romanas, relatadas depois nos planos de lavra (**Carvalho, 1949**).

A instituição da figura legal do *manifesto mineiro* e *registo de descoberta* de uma ocorrência ou depósito (com formulação desde o **Decreto de 25 de Novembro de 1836**, apenas excluída na actual legislação **DL n.º 90/90 de 16 de Março**) autorizava o *descobridor* e *manifestante* a realizar acções de pesquisas durante um período alargado na área registada em sede municipal. Este procedimento, massificado nos períodos de subida do valor dos metais, deu origem a uma inversão das intenções de pesquisa pelas de exploração, sob a legitimidade de um registo de manifesto. Muito embora não se tivesse feito pesquisa em arquivos municipais, pode referir-se o caso de Caminha no período entre 1876 e 1988 em que se registaram 416 manifesto (GEPPAV, 2013), para o mesmo período foram concedidas 53 concessões. A relação entre manifesto – concessão não pode ser tomada de forma directa, muitas áreas concessionadas tinham sido alvo de vários registos de manifesto (ex. a concessão de Cerdeirinha teve oito registos de manifesto, dois para Au, Ag; três para talco e restantes para volframite, ferberite e scheelite), todavia muitos foram os registos que nunca vieram a ser alvo de pedidos de concessão (ex. área em Vilar de Mouros que adoptou o topónimo “minas do Dr. Gavinha”). Merece pois uma maior análise a distribuição espacial destes *registos de manifesto*, muito embora, aqui não se tivesse considerado.

A par dos elementos obtidos nos processos das concessões, importou acompanhar as múltiplas alterações legais no quadro legal mineiro do sec. XX destacando o **DL n.º 33707 de 12 Junho de 1944** que “suspende a exploração de minérios de volfrâmio (...) até ao termo das hostilidades da Europa”, o **DL n.º 35445 de 3 de Janeiro de 1946** levanta o bloqueio. Para os modelos conceptuais T1 (metassomatitos em associações protolíticas vulcanogénicas e sedimentares exalativas) e T3 (enxames venulares relacionados com focagem hidrotermal em zonas de cisalhamento), com exploração de W, estes aspectos legais devem ser atendidos no presente descritor. Por sua vez, a *Lei do Fomento Mineiro* (**DL n.º 29 725 de 1939**) em que é aprovado o *Programa de Intervenção do Estado no Estudo e Fomento da Riqueza Mineira Nacional*, é também um marco legal que influencia o descritor técnico mineiro, uma vez que o Serviço de Fomento Mineiro (SFM) passa a realizar trabalhos de prospecção e desenvolvimento mineiro (ex. mina de Cu de Aparis - Barrancos) que devem ser atendidos nos respectivos Modelos Conceptuais.

Na RMArga a intervenção do SFM dá-se a partir da década de 50, inicialmente em acções pontuais e a pedido de concessionários; depois, na década de 60, com um plano de prospecção sistemática sobre índices de W e metais preciosos, na região de Vila Nova de Cerveira-Caminha-Ponte de Lima. Em cada Modelo Conceptual apresentam-se os programas de prospecção e pesquisa que foram dirigidos aos depósitos em causa, indicando, sempre que possível, os valores de reservas estimadas. Outros contributos na prospecção da RMArga foram levados a cabo por *entidades privadas*, dos quais se fará nota nos seus aspectos mais relevantes.

### VI.1.3. DESCRITOR AMBIENTAL

Os elementos considerados neste descritor dizem respeito ao impacte ambiental decorrido no **período de lavra**, em que se consideram as formas de intervenção extractiva – traçagem e desmonte – e o tratamento dos materiais desmontados, (elementos obtidos nos *Dossiers mineiros*, concretamente em *Planos de Lavra*, *Relatórios de Reconhecimento e Demarcação* feitos pela CMNorte, *Autos de Visita* e Reclamações); e no **período de abandono**, que se estende aos dias de hoje (elementos obtidos do diagnóstico ao estado de evolução dos espaço mineiro, muitas vezes parcialmente obliterado por novas ocupações e usos do solo, sobre os vestígios de um passado extractivo). Do diagnóstico

ao estado de evolução foram obtidos elementos que integram o descritor ambiental, e dizem respeito à inventariação e identificação de vestígios mineiros (infra-estruturas, escavações e escombreliras) e materiais geológicos (amostras de mão, sedimentos, água), à caracterização segundo parâmetros expeditos, físico-químicos, químicos e mineralógicos. Pontualmente foram identificados alguns elementos ecológicos – sob influência de vestígios e materiais mineiros.

No que respeita ao risco geotécnico, a discriminação atendeu a critérios de segurança das populações mais próximas: **risco elevado** – existência de escavações superficiais com elevada vegetação arbustiva envolvente (valas, sanjas, trincheiras, cortas), existência de desmontes subterrâneos (poços e chaminés), acondicionamento irregular de rejeitos de diferentes calibre à boca da mina ou anexo à zona de tratamento; **risco intermédio** - desmonte subterrâneos parcialmente soterrados (galerias em flanco de encosta e galerias travessas, planos inclinados); **risco menor** - acondicionamento regular de rejeitos de tratamento, preenchimento de escavações à superfície com material de desmonte e rejeitos das oficinas de preparação de minérios, com aprisionamento físico natural ou construído para o efeito.

O descritor geológico, mais concretamente a definição do ambiente metalogenético e as paragénese associadas sugerem maior ou menor susceptibilidade na geração de impacte ambiental. Na RMArga podem considerar-se com maior susceptibilidade à instabilização mineral e química as formações do Domo de Covas, que compreendem litologias metassedimentares poligénicas, com intercalações de quartzitos, xistos negros com pontuações fosfáticas e léditos e ainda litologias de afinidade vulcanogénica-exalítica e vulcanogénica a carbonatada (Leal Gomes *et al.*, 2008). Com menor (ou potencial) susceptibilidade à instabilização mineral e química podem considerar-se os hidrotermalitos associados a cisalhamentos - filonianos e venulares - de quartzo com sulfuretos e tungstatos, sobretudo os que evidenciam fenómenos do tipo *telescoping*, com sucessivos episódios de metalização. Com instabilização mineral e química atenuada ou inexistente podem referir-se as formações graníticas e os corpos aplito-pegmatíticos com relação genética e controlo estrutural associados à instalação e evolução do granito d'Arga e Santo Ovídeo.

Por seu turno, as paragénese sulfuretadas foram identificadas de **elevada reactividade**, muitas vezes associadas a paragénese calcossilicatadas (CAPÍTULO V.3). Todavia, quando estas surgem associadas às primeiras estabelecem um controle químico natural, que pode ser posto em causa por factores externos como as condições climáticas relações com o ecossistema, a actividade antrópica. Paragénese quartzo-sulfuretadas podem mostrar **reactividade moderada a fraca**, sendo contudo expressiva a sua tendência para evolução mineralógica em produtos secundários (CAPÍTULO V.2). Estas neoformações mineralógicas de cristalinidade variável, expressas muitas vezes sob a forma de crustificações de matriz arsenolíticas e ferralítica, podem representar indicadores eficazes no diagnóstico ao estado de evolução do EMA. Paragénese com **reactividade pouco significativa** dizem respeito por exemplo às quartzo-micáceas ou feldspáticas.

Ainda, o conjunto de factores que controla a neoformação num EMA pode ser entendido mais amplamente como o controlo sobre o próprio comportamento ambiental dos materiais geológicos susceptíveis de alteração e com implicações no cortejo e concentração de elementos químicos nos suportes receptores - solo, sedimentos, água de drenagem, de escorrência superficial e produtos neoformados.

Importa realçar o incremento do carácter reactivo natural das paragénese quando sujeitas às diversas formas de tratamento, sobretudo quando se promove a elevada cominuição dos materiais. Na **Tabela VI.3** sintetizam-se as

particularidades das oficinas de tratamento deduzidas para a lavarias que operaram nos diferentes tipos de depósitos. Atende-se mais concretamente às operações de fragmentação uma vez que estas são responsáveis pelo aumento da superfície específica dos minerais, ficando estes mais susceptíveis às condições externas e instabilização química.

**Tabela VI.3.** Intervalos de calibres que intervêm no tratamento de minérios por diferenciados processos de separação/concentração. Exemplos de lavarias de RMArga, para os depósitos: metassomatitos (T1); aplitopegmatitos (T2); Hidrotermalitos (T3); *placers* (T1).

PROCESSOS DE SEPARAÇÃO	EQUIPAMENTOS	Calibres (micra)												Lavarias em RMArga			
		5	10	20	40	80	100	200	400	800	1200	2000	4000		8000		
Gravíticos Via húmida	Jigas																T1, T2, T3
	Mesas																T2, T3
	Caleiras																T2, T5
Via Seca	Jigas																T1, T2, T3
	“Buchas” e Mesas																T2
Magnéticos Via húmida	Baixa Intensidade																T2, T5
	Alta Intensidade																T1
Via seca	Baixa e alta intens.																T1?
Flutuação	Por espumas																T1
	Em mesas																
Lixiviação	Com agitação																T1?
	Sem agitação?																

Na envolvente do EMA com depósitos da tipologia T1 reconheceu-se uma maior dispersão do impacte, segundo cursos de água afectados por drenagens de escombrelas resultado de operações de maior especialização – flutuação/lixiviação (CAPÍTULO V.3). Em EMA com depósitos do tipo T3 com drenagens ou escorrências superficiais na influência dos materiais de escombrela, resultado de operações de baixa especificidade tais como processos de separação gravíticos, o impacte tem menor expressão sobre os cursos de água, ficando circunscrito a focos de instabilização dependentes da evolução das próprias escombrelas ou cortas, por fenómenos de neoformação mineral (CAPÍTULO V.2).

#### VI.1.4. DESCRITOR PATRIMONIAL

Tanto a perspectiva cultural, sociológica, como da natureza, geológica ou da mineralogia, podem distinguir um EMA pelos seus atributos patrimoniais. As vivências sociais marcantes e identitárias (como os tipos de lava, as comunidades, os seus movimentos e afirmação social) constituem um património cultural mineiro. A ocorrência natural singular e/ou exemplar do ponto de vista da geologia estrita, da morfologia, ou da mineralogia constituem um património natural geológico. São várias as definições actualmente estão difundidas em torno de património geológico ou geomineiro (em Martínez Díaz, 2008 pode encontrar-se uma listagem e definição de vários termos; também a legislação nacional que estabelece o novo regime jurídico da conservação da natureza e da biodiversidade, DL n.º 142/2008, refere vários conceitos relacionados com a ocorrência natural; a Lei orgânica para a Direcção-Geral do Património Cultural, DL n.º 115/2012, já reflecte sobre a vertente imaterial do património mineiro).

O descritor patrimonial inclui os elementos de estudo que permitiram distinguir: **1)** espaços com interesse geológico, mineralógico e arqueológico mineiro, **2)** acervos documentais mineiros e, **3)** valores imateriais ou intangíveis das narrativas e testemunhos orais da comunidade que interveio ou presenciou a actividade mineira passada.

Em Lima (1996, 2006) podem-se encontrar inventários com a identificação e caracterização de áreas e locais de interesse na componente mineira e na componente geológica (paisagística, morfológica, mineralógica e geológica no sentido estrito - estruturais, texturais, paragenéticos) para a RMArga. Outros Autores referem a existência de vestígios da ocupação e lavra romana, dirigidas ao Sn e Au (Carvalho, 2008; Martins, 2008). Na RMArga, uma área de concessão mineira inclui vestígios de mineração romana classificados Património Nacional Industrial Imóvel de Interesse Público.

A pesquisa dirigida em arquivos mineiros (CAPÍTULO IV.2) permitiu verificar referências a trabalhos ancestrais relacionados com possíveis lavras romanas - escavações, escombrelas, objectos. Os *dossiers de concessão* são também eles testemunhos de lavras muito antigas, dos finais do séc. XIX e início do séc. XX, registando os períodos dos confrontos bélicos mundiais. Contêm documentação específica dos vários quadros legais, notas e apreciações históricas, fotografias de cenas mineiras, ilustrações singulares do que representou a técnica mineira do séc. XX. Não foi possível identificar arquivos documentais de sociedades mineiras concessionárias, o que torna os arquivos estatais, para a RMArga, fontes únicas na representação desta componente patrimonial. Em González Pedraza (1999, 2005) refere-se a relação indissociável do património documental e industrial; na RMArga, esta é muitas vezes, como única relação possível.

O retrato social mineiro reflecte a peculiaridade de uma determinada mina, constituindo um descritor patrimonial do EMa. Testemunhos orais de antigos intervenientes nas minas puseram em evidência não só aspectos da comunidade, como também dos próprios depósitos e lavras mineiras.

## VI.2. MODELOS CONCEPTUAIS PARA O ESTUDO ACTUAL DOS EMa

Apresentam-se os descritores geológico, técnico-administrativo mineiro, do impacte ambiental e da valência patrimonial, segundo o padrão proposto na Figura VI.2 (atrás) aplicado a cada depósito-tipo: 1) metassomatitos em associações protolíticas vulcanogénicas e sedimentares exalativas; 2) aplitopegmatitos de tipo LCT predominante com veios hidrotermais associados; 3) enxames venulares relacionados com focagem hidrotermal em zonas de cisalhamento; 4) gossan em sequências metavulcanossedimentares; 5) *placers*. Os seguintes modelos conceptuais reproduzem as sínteses interpretativas e a selecção bibliográfica de referência abordada ao longo do presente estudo.

### VI.2.1. MODELO CONCEPTUAL PARA METASSOMATITOS EM ASSOCIAÇÕES PROTOLÍTICAS VULCANOGÉNICAS E SEDIMENTARES EXALATIVAS, CONCENTRAÇÕES DE W, Bi, Te, Au

**1- DESCRITOR GEOLÓGICO -** As expressões metassomáticas em associações protolíticas vulcanossedimentares exalativas são reconhecíveis nos terrenos silúricos da Serra d'Arga - designados como *Formações do Domo de Covas* (Leal Gomes *et al.*, 2011), correlacionadas em Pereira (1989) com a Unidade Minho Central. O seu aproveitamento mineiro foi apenas dirigido na região de Covas (Couto Mineiro de Valdarcas e mina da Lapa Grande).

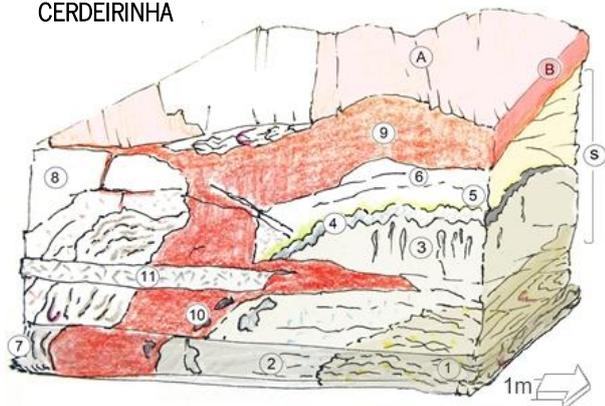
#### **1.1- Descrição metalogenética - distribuição cartográfica de depósitos/áreas mineiras**

A observação das frentes de desmonte e zonas de acesso, remanescentes nestes espaços mineiros, permitiu distinguir ambientes de carácter exalativo - proximal e distal. Ambiente proximal inclui níveis onde ocorrem dispositivos tipo



mais penetrativa. A sucessão metálica é deformada, segundo uma dobra em bainha, com plano axial horizontal. Por se tratar de uma zona de sombra entre maciços graníticos a deformação não foi retomada, não ocorrendo a sobreposição de fases Variscas, obliterando estágios anteriores. O bloco conceptual (**Figura VI. 5**) mostra a organização litológica com adequação estrutural, ilustram-se níveis mineralizados da sequência vulcanogénica, com enriquecimento metálico singenético sedimentar, reformulado pelo metassomatismo.

### BLOCO 3D CERDEIRINHA



**Figura VI. 5.** Bloco conceptual para o tipo de depósitos metassomáticos em associações protolíticas vulcanogénicas e sedimentares exalativas, ilustração segundo a corta Sul da área de concessão da Cerdeirinha. Descrições segundo **Leal Gomes (2010)** e **Dias (2012)**.

#### SIMBOLOGIA:

- 1 - Metavulcanitos félsicos (rochas feldspáticas ricas em biotite e de aparência granular com sulfuretos disseminados e texturas clásticas);
- 2 - Rochas fosfatadas com anfíbola, sulfatos (Ba, Ca), filosilicatos e sulfuretos disseminados;
- 3 - Estruturas litificadas de eventuais anatomias fumarolianas - tubos de sulfato/sulfureto equivalentes a *smokers*;
- 4 - Nível com sulfuretos maciços;
- 5 - *Green silica rock*;
- 6 - Formação cuticular com texturas colofórmicas;
- 7 - Rocha metacarbonatada siliciosa (proto-travertino);
- 8 - Rochas filíticas e quartzofílicas heterogéneas;
- 9 - Pegmatóide calcossilicatado;
- 10 - Desmembramento do nível de sulfuretos, digeridos pelo pegmatóide;
- 11 - Lamprófiro tabular

**A** - Eixo da dobra D3;

**B** - Intersecção em estrutura tangencial de D2, relacionada com carreamentos

**S** - Sequência com metassomatismo poligénico - genericamente atribuído a *skarn*;

Na base estará uma rocha pelítica feldspática com clastos, que será um metavulcanito félsico, próximo dos leptitos - rochas vulcanossedimentares metamorfizadas, onde se reconhecem ainda prototexturas vulcanogénicas, na base da sucessão mineralizada em sulfuretos. Nestas não ocorrem com grande expressão mineralizações de W. O intervalo seguinte inclui rochas fosfatadas com anfíbola e quartzo, com sulfuretos de Fe disseminados, estando a estes associadas as texturas colofórmicas. Num nível de sulfuretos maciços onde ocorre sulfatos (Ca, Ba), mineralizados em W, dispõem-se os dispositivos descritos por **Leal Gomes (2011)** correspondentes as estruturas semelhantes a *mounds* ou chaminés de lama - que corresponderão a testemunhos de proto-actividade fumaroliana. Para topo ocorre toda a sucessão do *skarn* - desde o grossularito ao clinopiroxenito até ao epidotito, conforme o mineral dominante da associação. É a estas sequências calcossilicatadas e metacarbonatadas que se atribui a designação de *skarn*, com mineralizações polimetálicas de W e Bi, Te, Au em sulfuretos. Esta unidade, estrutural e parageneticamente complexa, acomoda ainda dispositivos litificados semelhantes a *smokers* (**Leal Gomes, 2011**). A topo dos níveis mineralizados em W e sulfuretos, estão as rochas filíticas e quartzofílicas heterogéneas muito ricas em turmalina e apatite, rochas metapelíticas com porfiroblastos de granada e biotite, com boa representação na zona da Ventosa (cota mais alta da área de concessão mineira Cerdeirinha 2). As rochas aplíticas terão intruído toda a sucessão, aproveitando estruturas sub-horizontais ligadas a carreamentos,

concordantes com a estruturação geral. Acompanham ainda rochas quartzofílicas, podendo atravessar as formações mais resistentes do domo. A estes aplitos, onde a cassiterite estaria disseminada, devem-se as concentrações detríticas em cursos de água que drenam as vertentes onde afloram os depósitos.

### 1.3- Expressões mineralógicas e morfologia dos depósitos

A actividade extractiva neste tipo de depósitos decorreu numa estrutura que corresponde a um antiforme erodido, reconhecido pela primeira vez por **Janecka e Starnad (1973)**, designado de Domo de Covas. Existem vários estudos sobre a mineralogia e paragénesis deste depósito entre os quais se destaca o de **Bayer (1968)**. Na **Tabela VI.4** apresenta-se uma síntese das referências mineralógicas e morfologia típica deste tipo de depósitos.

**Tabela VI.4.** Síntese paragenética e morfológica do depósito do Domo de Covas. A indicação da sucessão de cristalização segue as propostas de **Bayer (1968)**, discutidas em **Coelho (1993)** e retomadas em **Dias (2012)**. Abreviaturas esclarecidas em índice próprio.

SUBSTÂNCIA-ALVO	<b>W (Au)</b> De forma sucedânea foi explorado Sn em aluviões no núcleo erodido e na encosta SE do antiforme (Cerdeirinha nº2).
PARAGÉNESE-TIPO	<b>SCH + ( FERB <i>pseud</i> ) + VOLF + PIRR + LOL + ARS + GERS + CALC + BLE + PIR</b> As mineralizações de W e seus teores relativos foram sujeitos a uma grande redistribuição espacial por remobilizações sobrepostas, do tipo metamórfico-metassomáticas. Os minerais portadores de W são SCH, FERB (VOLF), acompanhados principalmente por sulfuretos.
MORFOLOGIA	<b>Estratóide</b> Níveis mineralizados de carácter descontinuado. Na Cerdeirinha estes níveis estão horizontalizados, em Valdarças verticalizados pela 3ª fase de deformação Varisca. Em Monteiro e no Serro também ocorrem verticalizados. A diferença morfológica que se verifica estará relacionada com a presença dos maciços graníticos de Arga e de Covas, que diminuem o efeito penetrativo da deformação Varisca tardia, balizando uma zona de sombra na Cerdeirinha. Aqui a sucessão estratigráfica ficou mais próxima das posições originais, após D2 Varisca.

**2- DESCRITOR TÉCNICO** - Sobre este tipo de depósito foram demarcadas 12 áreas de concessão, a maioria integra o Couto Mineiro de Valdarças (CMValdarças). Os valores de produção deste couto tiveram importância no panorama nacional – representando o décimo produtor de W em 1979 (**CMNorte,1982**). Foi também a área mineira concessionada que garantiu a sustentabilidade económica da lavra até 1984, nesta região (**Tabela VI.5**). As minas que apresentaram maior produção foram a Cerdeirinha e Fervença (com lavra a céu aberto), Lapa Grande e Valdarças (lavra subterrânea).

#### 2.1- Exploração mineira, métodos de desmonte e extracção

A exploração de depósitos desta tipologia circunscreveu-se ao Campo Mineiro de Valdarças (C14). As acções de prospecção foram levadas a diversas zonas da RMArga, de que é exemplo área do Serro, no Campo Mineiro de Dem.

As concessões que viriam a constituir em 1974 o Couto Mineiro de Valdarças já possuíam lavra concessionada desde 1952 – 1954 sob administração de diferentes concessionários (**Tabela VI.5**). Antes das lavras concessionadas, os primeiros trabalhos de exploração mineira foram do tipo informal, mencionados em documentos técnicos, nos períodos de maior cotação do W (1935 – 1945) e (1950 – 1954). Estes trabalhos incluíam desmontes irregulares e perigosos, poços e redes complexas de galerias. Estas escavações eram atribuídas ao “*pillha*”, dificultando o arranque dos concessionários, obrigados à regularização prévia dos terrenos antes de se projectar o Plano de Lavra.

A lavra concessionada nestes depósitos foi tardia quando comparada com a cronologia mineira da RMArga. Só na década de 1950 se atribuiu o primeiro alvará. Segundo alguns documentos técnicos (*Dossiers mineiros* 2944 e 3007 - Valdarcas e Fraga) teriam existido registos da década de 1930 para o Au, em áreas sobre o Rio Coura e depósitos detríticos a ele associados. Todavia os pedidos de concessão mas que não obtiveram parecer positivo da CMNorte.

**Tabela VI.5.** Concessões mineiras sobre depósitos metassomáticos em associações protolíticas vulcanossedimentares exalativas. Número de Cadastro Mineiro Oficial, Couto Mineiro de Valdarcas (CM58), que integrava a maioria das concessões. \*\* A exploração sobre os depósitos de W sofre uma quebra entre os anos 1960 e 1964, período de “Crise do Volfrâmio”, com suspensão da lavra. **CM58\*** A concessão da Cerdeirinha só passa a pertencer ao CM58 a partir de 1971 (o concessionário anterior, MINARGA, foi penhorado em 1959).

NÚMERO	CONCESSÃO	COUTO	ANO**			MINÉRIO	PRODUÇÃO (INTERVALOS) (WO, 70%)		
			DESCOBERTA	CONCESSÃO	SUSPENSÃO				
2944	Valdarcas	CM58	1952	1954	1984	VOLF+SCH	<b>76,4 t</b> (1954-60) + <b>897t</b> (1967-79)		
2947	Cerdeirinha	<b>CM58*</b>		1954/71	1960/84			<b>237t</b> (1955 - 84)	
2976	Lapa Grande	-		1955	1984	VOLF+SCH (Au)	<b>325t</b> (1954 - 1959)		
2995	Fervença	CM58							
3007	Fraga								
3397	Cabeço do Meio-dia	-	1954	1966	VOLF+CAS	Integra a produção da Lapa Grande			
3432	Lapa Grande n°2	CM58	1955	1971			Integra a produção de Valdarcas		
3435	Monte Furado		1966		VOLF (Au)		Sem registo de produção		
3436	Telheira n°2								
3437	Costa do Lagido								

A primeira fase de aproveitamento foi a céu aberto, sobre as gossans e “massas” ou camadas mineralizadas. O aproveitamento de índices detríticos eluvionares nos cursos de água que drenavam as áreas de concessão era frequente, tal como a lavra sobre áreas de trabalhos antigos – quer sobre os vestígios de exploração do “*pilha*”, quer ainda sobre vestígios romanos, assim classificados em Monte Furado (**Dec. n.º67/97**). Em qualquer uma das áreas mineiras, a lavra incidiu simultaneamente sobre depósitos detríticos residuais. A par do tratamento em eluviões, aproveitando cursos de água para instalar *caleiras* e *sluices*, a zona de oxidação dos depósitos ou chapéu de Fe foi alvo de lavagens com apuramento rudimentar. A esse material designava-se localmente de “*jorra*” e colocava muitas limitações à exploração e tratamento, nomeadamente pelos produtos floculados que produzia. A exploração em depósitos deste tipo distingue-se pela complexidade e dificuldade de desmonte e tratamento dos materiais. A lavra nestes depósitos foi apoiada por acções de prospecção – sondagens, geofísica e geoquímica – levadas a cabo pelos SFM e por empresas estrangeiras nos finais da década de 1960 e 1970. Esta intervenção foi muito positiva em termos produtivos (**Tabela VI.6**).

**Tabela VI.6.** Média das estatísticas mineiras do Couto Mineiro de Valdarcas - concessionária *Geomina Lda.* (*Dossier n.º58*) (adaptado de **Alves, 2007**). \* Produção média da década calculada a partir dos valores anuais declarados pela concessionária \*\* Valores estimados.

Década	*Minério em bruto (ton)	*Volframite (Kg)	*Scheelite (Kg)	*Concentrações totais (Kg)	**Teor (Kg/t)	**Razão (Volframite/ Scheelite)
1960	35649.0	40490.0	18237.0	58727.0	3.3	8.6
1970	10120.0	9390.0	13846.0	23236.0	1.2	1.0
1980	9182.8	15344.7	5973.8	22300.3	1.8	6.1

## 2.2 Tratamento e preparação de minérios

As primeiras oficinas de tratamento – Valdarcas (1954), Cerdeirinha (1955), Lapa Grande (1955) – estavam projectadas para um processamento de 2ton/h, 1,5ton/h e 2ton/h respectivamente (**V ANEXO**). Na preparação do jazigo (fase de exploração a céu aberto, em qualquer uma destas minas), os materiais que constituíam o chapéu de Fe, pela sua

espessura e natureza – argilosa, ferruginosa – colocavam problemas no tratamento, no transporte e acumulação dos rejeitados. A paragénese, apesar de rica em mineralizações de W (2-3kg/ton), apresentava grande disseminação em sulfuretos (PIRR >> PIR > ARS) difíceis de separar. Os ensaios de granulometria revelavam um calibre óptimo de libertação <1,5mm existindo nos calibres superiores uma grande quantidade de mistos.

Na primeira fase de aproveitamento concessionado, nas 3 lavarias, o processo de tratamento era relativamente semelhante: a fragmentação era realizada em granulometrias 40-60mm em britador de maxilas, depois moinho de cilindros (garantindo 20mm). A granulação era feita com moinho de rolos, a pulverização a seco era feita em moinho de galgas (granulometrias finais <1,5). A classificação - geométrica e por hidroclassificadores – por grelhas e crivos fixos evitava a sobrecarga das máquinas e a adequada condução dos produtos. A concentração era hidrogravítica em jigas e mesas e electromagnética em separadores específicos. A jigagem era condicionada pela presença de argilas, recorrendo-se a várias mesas. Procedia-se à flutuação com xantatos para separar os sulfuretos, na Cerdeirinha e em Valdarcas. O tratamento em Valdarcas incluía, desde 1952, ustulação de subprodutos e espumas. Inicialmente, os acumulados residuais deste processamento estavam acomodados numa escombreira de cinzas, distinta das escombreiras principais, que acabou por ser praticamente reprocessada nos últimos anos actividade produtiva (Dossier CM58, RT,1980-85).

A lavaria da Cerdeirinha foi suspensa nos anos 60, o centro de tratamento passou a ser em Valdarcas, onde o esquema de tratamento foi adaptado pelo director técnico, Eng.º Morais Cerveira, para a capacidade de 5ton/h, verificando posteriormente várias adaptações nas linhas de processamento (Cruz Moreira, 1973). O diagrama de tratamento de Valdarcas era muito influenciado pela paragénese particular – gangas muito densas, constituídas por sulfuretos (>70%) e minério misto (VOLF+SCH, em proporção variável). A substância útil estava disseminada de forma irregular e fina (1- 0,7mm), ainda que a associação volframite - scheelite evitasse a fragmentação àqueles calibres (Cruz Moreira, 1973).

### **2.3** Acções de prospecção e pesquisa - síntese de estudos e relatórios técnicos

Numa primeira fase, a descoberta (e exploração) de minérios de W em depósitos deste tipo reportou-se apenas aos chapéus de Fe – mais ou menos conspícuos na região (Rocha Gomes, 1971). As concessionárias mineiras dirigiam pesquisas sobre trabalhos antigos desde 1935 a 1945, iniciando-se as lavras com orientação técnica em 1951.

A ocorrência de pseudomorfoses de ferberite após scheelite, localmente designadas por “*piões*”, foi pela primeira vez documentada em Coteló Neiva e Soares Carneiro (1956), no decurso dos primeiros estudos geológicos e metalogenéticos. Na década de 60, são publicados estudos petrográficos aprofundados sobre minérios de W e suas rochas hospedeiras (Bayer, 1968). Da análise paragenética realizada por aquele Autor, propuseram-se diversas gerações para tungstato e sulfuretos portadores, tendo sido sugerida, pela primeira vez, uma origem singenética para estas mineralizações.

As acções dirigidas pelo SFM começaram por ser de assistência aos concessionários mineiros (Tabela VI.7), garantindo lavras activas e com adequada orientação. Pesquisava-se a associação de W e minerais com elevada susceptibilidade magnética (PIRR e MAG), mesmo com baixas concentrações (Rocha Gomes, 1985).

Tabela VI.7. Acções de prospecção dedicadas aos depósitos metassomáticos em associações protolíticas vulcanogénicas e de tipo SEDEX.

Ano - Período	Área	Entidade	Programa e Objectivos	Responsáveis	Técnicas e operações	Resultados			Referencias
						Acções/Docs Produzidos	Evidências	Cálculo de Reservas	
1958	Valdarcas - Fervença	SFM	Programa de Intervenção do Estado no Estudo e Fomento da Riqueza Mineira Nacional	La Cueva Couto e Ramos Rodrigues	Prospecção magnética	Mapas de anomalias magnéticas	Mineralização em massas pirrotíticas - depósito de Fervença com continuação no Rio Coura	-	La Cueva e Ramos (1958) La Cueva Couto (1960)
1966	Valdarcas 3ºPiso	SFM	Pedido de assistência técnica feito pela concessionária de Valdarcas	Barreto de Faria	Sondagem	Interpretação de logs	Mineralização de VOLF em níveis de sulfuretos	75000t WO <sub>3</sub>	Barreto de Faria e António Ribeiro (1967)
1968 - 1985	Terrenos silúricos na faixa rio Minho e linha Castro Daire-Tarouca	SFM	Prospecção sistemática na detecção de jazigos de W, Sn, Ta, Nb e Au	Rocha Gomes	Prospecção geofísica - magnéticas e de resistividade eléctrica Colheita de Solos. Campanha de sondagens (±7000m)	Perfis longos - longitudinais e transversais. Mapas de anomalia geoquímica. Interpretação de logs	Interpretação topográfica da estrutura da formação mineralizada - atribuída essencialmente ao skarn	2000000t teor de WO <sub>3</sub> 2,6Kg/t (1971)	Rocha Gomes e Alvoeiro de Almeida (1971) Rocha Gomes (1986)
1970-1973	Lapa Grande e Cerdeirinha (área de 3 x 2,5 Km)	Metalimex	Protocolo entre o estado português e a Checoslováquia para o fornecimento de minérios de W	Janecka e Starnad	Reconhecimento e extracção de 10000t de minério, sob direcção e assistência checoslovaca	Mapa geológico do Domo de Covas (1:1000)	Primeira interpretação do anticlinal de Covas, com rumo médio N45°W, mergulhando para NW-SE desde a Cerdeirinha.	5000t de reservas certas e 20000t de reservas prováveis (SCH de elevada qualidade)	Janecka e Starnad (1970)
1974 - 1979	Região alargada de Covas - Vilarinho e Cabração.	Union Carbide Exporation Corporation (Union Carbide Geotécnica Portuguesa de Assistência Mineira Lda)	Contracto de prospecção e pesquisa	Bronkhorst	Campanha de sondagens (±17000m) Programa de colheita de amostras de sedimento de corrente. Testes metalúrgicos e ensaios de beneficiação do minério	Cartografia geológica 1:2.000 (45 hectares: 2 Cerdeirinha, 42 Monte Furado, e 1 Telheira). Cartografia na escala regional 188 hectares	Reconheceu anomalias em SCH, na área de Vilarinho e Cabração. Recuperações metalúrgicas inferiores às da lavaria do CM de Valdarcas.	923000t de reservas, teor médio de 0,78% WO <sub>3</sub> , (67% de SCH, 37% de VOLF)	Bronkhorst e Farinha (1979)
1981-1982	Área de Argela - Serro	COMINCO (Serpa Mines)	Contracto de prospecção e pesquisa	Serpa Magalhães	Prospecção geoquímica	Análises W e Sn (2530 amostras de solos).	Sequência estratigráfica concordante com a de Covas.	-	-
1985-1986	Argela - Serro	SFM - IGM	Reconhecimento geológico-mineiro na zona de Argela	João Farinha	Campanha de sondagens	Cartografia geológica, geofísica e geoquímica	Ampliação do conhecimento geo-estrutural da de Argela-Cova	-	João Farinha e Rodrigues (1987)
2007- (em curso)	Região de Covas (3.5 x 2.0Km)	Entidade mineira	Contracto de prospecção e pesquisa	Barros e Kuhn	Prospecção geoquímica sistemática Campanha de sondagens (329 furos, ±27000m)	Colheitas de solos em malha 200 X 300m e colheitas ocasionais em sedimentos de cursos de água	40% do "skarn ring" prospectado. Relação genética entre formações intrusivas e Au.	±366000t de reservas com teor de 0,61% WO <sub>3</sub>	Avrupa (2010) Blackhead (2011)

A ocorrência de níveis de xistos negros, relativamente magnéticos e estéreis, próximos de níveis mineralizados, constituía uma limitação à aplicação do método magnético, daí a opção pela geoquímica como técnica complementar. A sobreposição de anomalias geoquímicas e magnéticas permitia planejar com segurança as operações pontuais, como sondagens, sanjas e poços. Em suprimento dos resultados geoquímicos, o SFM adoptou a prospecção eluvionar à bateia e a mineralometria. A identificação e estimativa de fases minerais em sedimentos ou solos, obtidos nos pontos de piquetagem geofísica, revelou-se de grande utilidade (Rocha Gomes, 1985).

Combinando os resultados das sondagens e da prospecção magnética, os elementos geológicos reconhecidos nas frentes de avanço das minas de Valdarças, Fervença e Cerdeirinha, Rocha Gomes e Alvoeiro de Almeida (1971) propuseram a configuração estrutural da formação mineralizada – atribuída essencialmente ao skarn – ainda hoje aceite. Estas conclusões determinaram o alcance bem-sucedido e expectável da prospecção sobre este tipo de depósito. As áreas de pesquisa foram alargadas e declaradas cativas (DG nº140, Série II de 18 de Julho de 1970).

Estudos mais recentes do *skarn* de Covas (Coelho, 1993) incidiram sobre a petrologia e geoquímica dos fenómenos metassomáticos promotores da mineralização scheelítica. Coelho (1993) refere-se à génese do depósito associada à acção metassomática de fluidos de várias gerações, sobre níveis metassedimentares carbonatados, interestratificado na sequência greso-pelítica Silúrica.

Dias (2012), pelo estudo de relações de interface litológica e analogia com casos conhecidos na literatura, relaciona os turmalinitos com ocorrência alargada na RMArga, geneticamente relacionados com ambientes SEDEX (sedimentares-exalativos) e VMS (sulfuretos maciços vulcanogénicos), associados a metais úteis, tais como Pb-Zn-Ag, Sn, W, Cu, Ag, Au, Co, U. Dias e Leal Gomes (2010,2011) e Dias (2012), alargam o especto de recursos base considerados para este depósito, nomeadamente nas substâncias Co-Ni, TR e Be, pela identificação de portadores litológicos e mineralógicos, até ao momento não considerados. Também do ponto de vista de indicadores de prospecção

**3. DESCRITOR AMBIENTAL -** O carácter reactivo das gangas e o processamento a baixas granulometrias na lavaria de Valdarças foram dois factores determinantes do impacte desencadeado durante a exploração deste tipo de depósito e após a suspensão dos trabalhos, em 1984. A relavagem e remobilização das escombrelas de finos e de cinzas, na última década de lavra, foi favorecendo processos de evolução geológica e geoquímica, com reflexos nos sistemas hídricos de acolhimento de drenagem e carga sedimentar. A caracterização e avaliação de impacte destes desequilíbrios ambientais em escombrelas reactivas e suas implicações na rede de drenagem estão documentados em Valente (1996, 2004), reforçando-se a importância do programa de monitorização, sugerido pela Autora, com estações, indicadores e parâmetros analíticos mais significativos na avaliação do impacte ambiental.

### **3.1 - Escavações e escombrelas - gangas, efluentes mineiros e neoformações na rede hidrográfica**

Nesta tipologia de depósito mineral, a actividade mineira teve o seu maior período de actividade e investimento tecnológico, tanto nos processos de desmonte e extracção, como no tratamento do minério-bruto, mesmo com um volume de processamento considerado baixo (Cruz Moreira, 1973). Geraram-se em período de lavra, grandes vazios desmontados, em profundidade e a céu-aberto, e ambas as intervenções representam riscos geotécnicos, mitigados por

acções pontuais de remediação e por um projecto de reabilitação ambiental da escombreira de Valdarcas (EDM, 2007).

A falta de um acondicionamento específico de resíduos permitiu o contacto das águas meteóricas ou cursos de água permanente ou sazonal, originando drenagem ácida. Ocorre frequentemente o assoreamento destes cursos com a carga sedimentar de baixo a muito baixo calibre, que progride na rede hídrica e afecta os cursos principais (Rio Coura) dispersando anomalias químicas na água e sedimentos. Reconheceu-se a dispersão de poluentes e a precipitação de óxidos e hidróxidos de Fe e sais complexos, integrando crustificações ferralíticas, relativamente estáveis em condições de  $\text{pH} < 4$  (Ribeiro do Poço Negro). Apesar da influência da pluviosidade, que impõe grande dinamismo sazonal aos sistemas hídricos, admitia-se uma estabilização e renaturalização do sistema (Valente, 2004). A ocupação dos solos, em parte por manchas florestais e agrícolas neste EMa apoiava a reposição de conduções ambientais estáveis (Figura VI. 6).

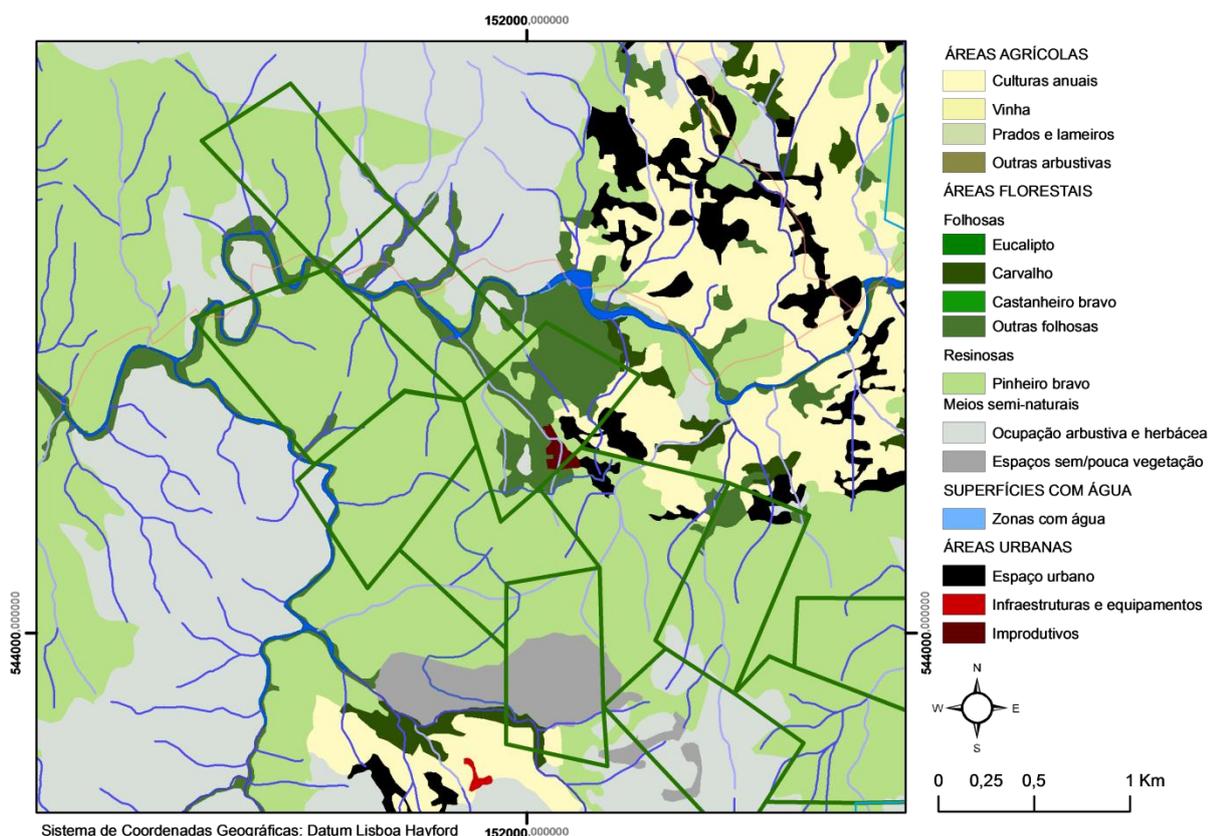


Figura VI. 6. Localização das áreas de concessão dos depósitos explorados em formações metassomáticas com associações protolíticas vulcanogénicas e sedimentares exalativas, sobre a Carta de Ocupação do Solo (2005) escala 1:25 000.

**4 - DESCRITOR PATRIMONIAL -** Os níveis de apreciação patrimonial deste tipo de depósitos situam-se tanto ao nível das singularidades naturais, como da arqueologia mineira romana, e arqueologia industrial do séc. XX. Reconheceram-se deste último período vestígios mineiros móveis e imóveis, bem como, marcas identitárias entre a comunidade local.

#### 4.1 - Património classificado e locais de interesse geológico e mineiro

O Complexo Mineiro de época Romana do Couço do Monte Furado está classificado como Património Nacional Industrial Imóvel de Interesse Público (Dec. n.º67/97). Fica situado na área de concessão com o mesmo nome – em cota abaixo do Rio Coura. Nesta área os trabalhos de lavra do séc. XX não afectaram os vestígios romanos.

Como local de interesse da arqueologia mineira, **Lima (1996)** refere a Lavaria de Valdearcas, onde à data ainda era possível reconhecer a chaminé dos fornos de ustulação. Actualmente, vários edifícios foram demolidos ou reocupados no decurso do projecto de recuperação ambiental da escombreira de Valdearcas.

Na acepção da singularidade natural, podem considerar-se as mineralizações de W - pseudomorfoses de ferberite após scheelite – a primeira referência foi feita em **Cotelo Neiva e Soares Carneiro (1956)**, e posteriormente abordada em estudos paragenéticos do depósito do Domo de Covas em **Bayer (1968)**, **Coelho (1993)** e mais recentemente em **Leal Gomes et al. (2010)** e **Dias (2012)**, enquanto espécies como interesse patrimonial em **Lima (1996, 2006)**.

#### **4.2 - Referências documentais em arquivo técnico das concessões mineiras**

O acervo documental neste tipo de depósitos pode considerar-se um bom guia para reconstituição do funcionamento mineiro passado. Um caso exemplar é a envolvente da corta da Cerdeirinha, onde se reconhecem, com distinto grau de conservação, as ruínas das principais estruturas funcionais mineiras, construídas nos anos de 1952-1954, pelo primeiro concessionário (tais como: refeitório e cantina; residência do pessoal técnico e administrativo; oficinas de carpintaria, serralharia, forja; lavaria com tanques anexos). O mesmo concessionário construiu ainda a estrada da mina até Ponte de Lima (> 8Km), ligando povoações (Cerquido, Arga de Cima e Arga de Baixo) e deixando uma marca na organização das vias de comunicação fortemente mineira.

#### **4.3 - Referências orais em entrevistas dirigidas a antigos trabalhadores mineiros**

A recolha de dados sobre o funcionamento mineiro, através de entrevistas pode considerar-se pertinente uma vez que este tipo de depósitos foi o último a ser abandonado na RMArga. A partir da análise de conteúdo de entrevistas a antigos mineiros **Alves (2007)** reconheceu a importância atribuída às minas Covas para as povoações locais e da região, tanto em lavras informais, como concessionadas. Também reconheceu que a morfologia, dimensão, a “riqueza e capricho” deste tipo de depósitos são aspectos que não passam ao lado dos vários testemunhos mineiros.

**SITUAÇÕES DE INTERFACE OU TERMOS DA TIPOLOGIA** - As acções de prospecção dirigidas quer pelo SFM, quer por entidades estrangeiras, corroboradas em estudos recentes de petrogénese, sugerem a ampliação da área de ocorrência deste depósito, além do Campo Mineiro de Covas. No Campo Mineiro da Cabação, nas minas de *Monteiro, Ínsua nº1 e Forçadas*, **Dias (2012)** descreve exalitos proximais, com rocha básica – o anfíbolito alcalino -, que marcam a zona de ascensão de magmas básicos, provenientes do manto superior. A estes sobrepõem-se processos hidrotermais relacionados, que originam precipitações de B exalativas. Do ponto de vista geoquímico, podem relacionar-se precipitações de B exalativas a situações que ocorrem actualmente em ambientes de *rift* continental (ex. sedimentos metalíferos no Mar Vermelho). Os anfíbolitos nesta área estão mineralizados pela scheelite, que não foi alvo de aproveitamento, apenas indicadas em acções de prospecção estendidas às áreas mineiras de Vilarinho, a N da Cabação (**Rocha Gomes, 1985; Union Carbide, 1979**). Os resultados obtidos pela entidade de prospecção apontaram este depósito como marginal, dado o seu carácter disperso e, sobretudo, pela dificuldade de beneficiação e transformação do minério (**Bronkhorst, 1979**).

## VI.2.2. MODELO CONCEPTUAL PARA APLITOPEGMATITOS DE TIPO LCT PREDOMINANTE COM VEIOS HIDROTERMAIS ASSOCIADOS, CONCENTRAÇÕES DE Sn, Ta, Nb, Li, (W, Au)

**1** DESCRITOR GEOLÓGICO - A actividade mineira concessionada d'Arga incidiu sobretudo em depósitos que integram o “*campo aplito-pegmatítico d'Arga*”, proposto por **Leal Gomes (1994)**. O depósito-tipo considerado neste modelo enquadra os produtos litológicos do sistema residual granítico, cuja formação abrange estádios magmáticos, pegmatíticos e metassomáticos. Atende-se essencialmente aos pegmatitos da família LCT, segundo a classificação para pegmatitos de elementos raros proposta por **Černý (1982)**. O Autor distinguia classes LCT e NYF, mediante a especialização metalogenética, com elementos raros predominantes: Li, Cs, Ta (LCT, em contexto de tectónico orogénico) e Nb, Y e F (NYF em contexto de riftogénico). Neste modelo conceptual atende-se à classe LCT, que segundo **Cerny (2002)**, admitem enriquecimento em Li, Rb, Cs, Be, Sn, Ta, Nb (Ta>Nb) e, ainda, B,P e F após fraccionação do granito parental.

### 1.1. Descrição metalogenética - distribuição cartográfica de depósitos/áreas mineiras

As fácies aplito-pegmatíticas melhor representadas no campo de Arga são os filões cruzados e a geração sill (**Leal Gomes, 1994**), que correspondem a períodos de colocação maiores, ocorrendo preenchimentos sucessivos das respectivas caixas de instalação, por reactivação mecânica. A compartimentação estrutural e paragenética do campo aplito-pegmatítico, proposta por **Leal Gomes (1994)**, expressa uma zonalidade cartográfica, concêntrica em relação ao plutonito (**Figura VI.7**). O Autor distingue os sectores: **Proximais** - abrangem o contacto com o granito, incluem corpos intra-graníticos e peri-graníticos tipo *sill*, *filões radiais* e raros *cone-sheets*; **Antiformes adjacentes** - incluem zonas erodidas e de menor favorabilidade tectónica para a instalação, poucos afloramentos de aplito-pegmatitos tipo *sill*, *cone-sheets* e corpos tardios; **Distais** - aplito-pegmatitos exo-graníticos mais afastados do granito parental, de tipo *sill* e *filões cruzados*, corpos lenticulares de colheita de leucossoma de afinidade metamórfica; de **Interferência** - áreas mais distantes do granito d'Arga em que os corpos aplito-pegmatíticos podem ter filiação noutros granitos.

A distribuição dos aplito-pegmatitos ao longo do campo não é uniforme, variando muito o número e a área aflorante. Podem referir-se faixas laterais sub-paralelas ao alongamento do plutonito e sub-concordantes com as estruturas de cisalhamento com lacunas de afloramentos pegmatíticos.

Também são variáveis as inclinações, dimensões, formas, extensões aflorantes e relações geométricas apresentadas pelos corpos. As relações de contacto com o encaixante podem oscilar desde sub-concordantes a discordantes, em função da intensidade de deformação no sector do campo que ocupam. Os corpos intra-graníticos são em menor número, e aqueles onde poderão ter incidido lavras respeitam só ao sector W - circunscritos ao Couto Mineiro de Traz Ancora. Possuem generalizadamente forma tabular.

Nos estágios tardios de consolidação, a libertação de fluidos a partir dos magmas pegmatóides induz transformações metassomáticas, afectando as composições pegmatíticas primárias. Estas expressões metassomáticas podem ocorrer localizadas e de forma muito irregular, em preenchimentos de fracturas e massas de substituição circunscritas, ou generalizadas em casos de alteração pervasiva.

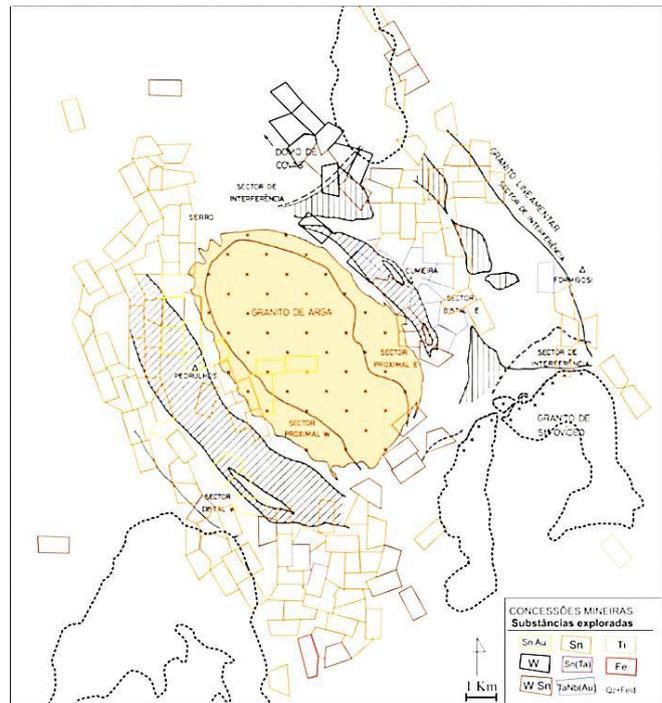
**Figura VI.7.** Compartimentação em sectores de ocorrência, estruturalmente diferenciados, do Campo Aplito-pegmatítico d'Arga. Base cartográfica, adaptada de **Leal Gomes (1994)**, sobre a qual se sobrepueram as áreas de concessão atribuíveis à RMArga.

**SIMBOLOGIA:**

Lacunas de afloramentos:

||||- sectores de antiformas adjacentes;

//// - sectores fortemente erodidos (confrontam com sectores de interferência de outros maciços graníticos).



Entre os fenómenos, a greisenização (substituição quartzo-micácea da albite e K-feldspato) foi particularmente importante na promoção da concentração de cassiterite. A focagem metálica nessas paragéneses ainda inclui além do Sn, o W e Au. A greisenização evolui a partir do contacto entre o aplito-pegmatito e o metassedimento encaixante, e mais frequentemente surge associada a estruturas de cisalhamento *tardi* D3, correspondendo a descontinuidades veiculadoras dos fluidos. De resto esta situação aparece muitas vezes enunciada nos Planos de Lavra.

## 1.2 Relação tridimensional de depósitos-tipo com o encaixante - blocos diagrama

A distribuição cartográfica e as variantes tipológicas deste tipo de depósito podem ser explicadas à luz do modelo de compartimentação estrutural e paragenética do campo aplito-pegmatítico (**Figura VI.7**) proposto por **Leal Gomes (1994)**. Os sectores nele discriminado – proximais, dos antiformes adjacentes, distais e de interferência – apoiam a descrição das relações tridimensionais dos depósitos-tipo.

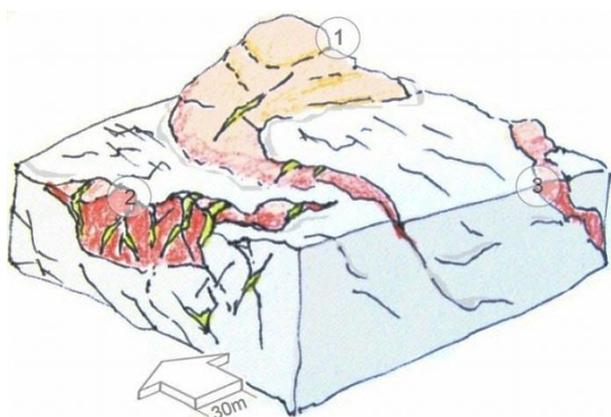
**SECTORES PROXIMAIS** - A faixa Dem – Pedrulhos – Gondar representa uma porção importante do sector proximal W que abrange os corpos enraizados no granito d'Arga. As transições granito-metassedimento estão sintetizadas na **Tabela VI.8**. Genericamente, podem considerar-se: graduais, das apófises graníticas para os filões aplito-pegmatitos, com atitude transversal ao contacto; bruscas, em corpos tipo *sill* sub-paralelos ao contacto granítico. Os corpos transversos ao contacto podem cruzar os corpos paralelos, indicando instalação concomitante, ou a instalação posterior dos corpos *sill*. Do ponto de vista deformacional, os sectores proximais são caracterizados por um deslocamento envolvente que varia de tangencial (afectando os *sill*) a transcorrente (afectando os *filões radiais*).

Tabela VI.8. Corpos aplito-pegmatíticos e formas de transição para o granito/instalação – SECTORES PROXIMAIS.

TIPO DO CORPO	FORMAS DE INSTALAÇÃO	ATITUDE	SECTORES DE OCORRÊNCIA	DEFORMAÇÃO (IMPOSTA PELA D3 VARISCA)	Mina Exemplo
<i>Filões radiais</i> leucogranitos e granitos radiais	Gradual (variação gradual de fácies para apófises graníticas)	Transversal N70-90°E/ 50-90°	Proximais (supradiapíricos, mais sujeitos à erosão)	<i>Boudinados</i> e encurvados, com eixos de dobra sub-verticais ou aparentemente deslocados sob o efeito da transcorrência regional sinestrogira, iniciada possivelmente em regime dúctil	Lugar de Dem
<i>Sill</i> aplito-pegmatitos	Brusca	Sub-horizonta sub-paralelo N10-40°W/ 0-50°E	Dispersos por todos os sectores com afloramentos aplito-pegmatíticos	Dobrados, com plano axial e eixos sub-paralelos a D3 e aos seus estiramentos. Dobras com morfologias peculiares – flancos mais extensos, com menor inclinação a tender para o interior do granito.	Pedrelhos nº5

O bloco conceptual da **Figura VI.8** representa uma generalização do depósito-tipo aplito-pegmatíticos perigranítico, típico do sector proximal W, proposto por **Leal Gomes (1994)**. O corpo pegmatítico corresponde a uma bolsada *boudinada*, por efeito da deformação dúctil-frágil precoce, retomado no decurso da transcorrência tardia D3, responsável pela instalação de venulações quartzosas, transversais ao contacto.

#### BLOCO 3D DEM



**Figura VI.8.** Bloco conceptual para o tipo de depósitos aplito-pegmatíticos LCT com veios hidrotermais associados. Ilustração para o sector proximal W – inclui a área de concessão de **Lugar de Dem**.

#### SIMBOLOGIA:

- 1- Apófises leucograníticas a aplito-pegmatíticas encurvadas no decurso da transcorrência tardia D3 envolvente da Serra d'Arga;
- 2- Filão aplito-pegmatítico *boudinado* em D2-D3 com veios preenchidos por quartzo em rupturas dilatacionais transversais ao boudin, associadas a cisalhamentos D3;
- 3- Filão aplitopegmatito *boudinado*.

Os fenómenos de fracturação e ruptura promovem a greisenização endopegmatóide venular, com a instalação de venulações quartzo-micáceas. A greisenização ocorre a partir da superfície de contacto do corpo e é o resultado da alteração diferenciada por um fluido pós-pegmatíticos reactivo. Pode ser a principal responsável pelas venulações quartzosas interiores ao pegmatito – que cicatrizam os contactos, num processo tardio. A concentração de cassiterite em massas, mais ou menos localizadas, com o aspecto de unidades, por vezes tardias, está relacionada, possivelmente, com o termo de evolução/alteração do próprio corpo pegmatóide.

#### SECTORES DOS ANTIFORMES ADJACENTES -

Referidos como sectores de lacuna de afloramentos na **Figura VI.7**, são delimitados por *bancadas de referência* – quartzitos e quartzofilitos. Trata-se essencialmente de formações metassedimentares competentes, dobradas em antiforme na 3ª fase de deformação Varisca. Nestes sectores os afloramentos aplito-pegmatíticos são mais escassos, verificando-se mesmo assim algumas ocorrências com concessões

mineiras demarcadas que lavraram sobre filões pegmatíticos e depósitos detríticos – tipo *placer* (Cabeço do Meio Dia, Insua1, Pedrinhas Brancas). Na **Tabela VI.9.** resumem-se as situações possíveis.

**Tabela VI.9.** Afloramentos aplito-pegmatíticos – SECTORES dos ANTIFORMES ADJACENTES

TIPO DO CORPO	FORMAS DE INSTALAÇÃO	RELAÇÃO COM A CAMADA DE REFERÊNCIA	ATITUDE	DEFORMAÇÃO (IMPOSTA PELA D3 VARISCA)	Mina Exemplo
<i>Sill</i>	Proximidade da charneira de antiformes	Supra-quartzíticos (como a estrutura do antiforme)	Sub-horizontal	Fraca deformação	Ínsua nº1
<i>Cone-sheets</i>	Trajectória do afloramento paralela ao contacto	-	Inclinação centrípeta	Catáclase interna	Pedrinhas Brancas nº1
Corpos tardios (relativos aos <i>sill</i> )	Instalados em corredores de cisalhamento	Supra-quartzíticos	-	Afectados pela deformação em regime dúctil-frágil	Ribeiro de Áspera

**SECTORES DISTAIS** - O maior número de afloramentos e variedades de corpos aplito-pegmatíticos ocorre nestes sectores, perto dos principais corredores de cisalhamento demarcados. A instalação dos corpos nestes sectores é controlada pela deformação em regime dúctil-frágil. O sector E é o mais vasto, verificando-se aqui o acolhimento interferente de pegmatitos diferenciados do maciço de Arga (*sill*) e do granito de Sto. Ovídeo (*filões cruzados*), **Tabela VI.10.**

**Tabela VI.10.** Corpos aplito-pegmatíticos reconhecidos nos SECTORES DISTAIS.

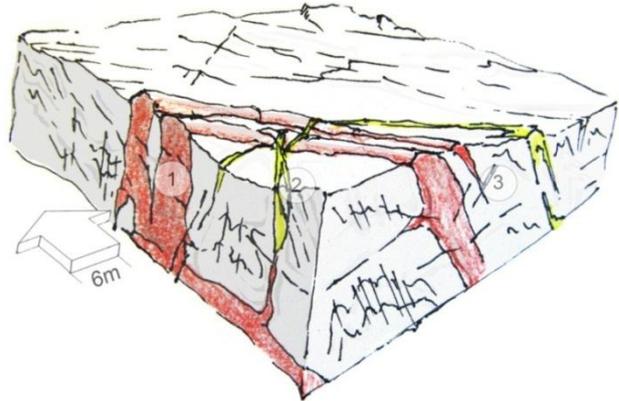
TIPO DO CORPO	FORMAS DE INSTALAÇÃO	ATITUDE	DEFORMAÇÃO (IMPOSTA PELA D3 VARISCA)	Minas Exemplo
<i>Filões cruzados</i>	Fracturas conjugadas exclusivas ao sector distal	Sub-paralelos ao contorno granítico, inclinação variável com sentido centrífugo	Aspecto cataclástico (próximo dos contactos) Fortemente deformados – dobrados e “boudinados”	Corzes Real Corzes nº1 Corzes nº2
Corpos <i>sill</i>	Afastamento do granito, aparentemente de instalação posterior aos filões cruzados	Essencialmente sub-horizontais - arqueamento e inclinação com sentido centrífugo.	Ondulados por dobramento suave	Cabração nº1 Escusa Monteiro

Um dos depósitos mais produtivos neste tipo foi o pegmatito de Monteiro (**Figura VI.9**). Trata-se de uma fácies predominantemente pegmatítica, com dimensão decamétrica e forma tabular. A inclinação varia até verticalizar, paralela à foliação D3. O filão foi submetido a catáclase interna, no decurso da 3ª fase Varisca, pela reactivação de um corredor de desligamento N-S, gerando zonas de brecha de falha e milonitização.

A reactivação foi complexa, ocorrendo a fragmentação da fácies pegmatítica e os enchimentos tardios quartzosos, com mineralizações polimetálicas de sulfuretos, e, por vezes, de Au (Au-Ag). A fracturação dos aplito-pegmatitos ocorreu em regime dúctil-frágil a frágil, acompanhada ou seguida de dilatação, o que permitiu a cristalização *in situ* e evolução hidrotermal. Os aplitopegmatitos funcionam como armadilhas estruturais enquanto: **1)** estruturas precursoras caracterizadas por um deslocamento cisalhante antigo; **2)** meios reologicamente favoráveis à definição de fracturas complexas, segundo modelos *riedel*

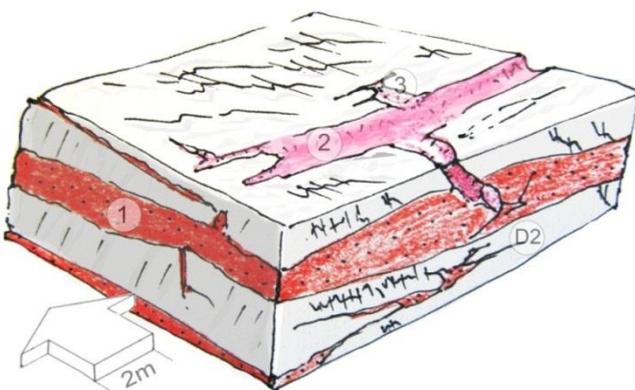
BLOCO 3D  
CABRAÇÃO -  
MONTEIRO

**Figura VI.9.** Bloco conceptual para a tipologia dos depósitos aplitopegmatitos de tipo LCT predominante com veios hidrotermais associados, ilustração segundo o sector distal E - área de **Cabração- Monteiro**.

**SIMBOLOGIA:**

- 1- Filões aplitopegmatitos paralelos, carregados em profundidade;
- 2- Filões de QZ preenchendo fracturas de cisalhamento, mineralizados em Au;
- 3- Brecha de falha.

A alteração deutérica afecta o pegmatito de forma diferenciada, sobretudo veiculada por rupturas tardias de cisalhamento. As rupturas locais com a mesma atitude, veiculam fluidos que provocam, a turmalinitização exopegmatóide e a greisenização endopegmatóide. Estas formas de metassomatismo complementares, são controladas pelos contactos intrusivos e submetidas ao cisalhamento sinistrógiro. No campo de Arga os pegmatitos composicionalmente mais evoluídos ocupam estruturas frágeis dilatacionais orientadas E-W. Correspondem aos filões mais tardios, paroxismais com paragénese que admitem lepidolite, turmalina de Li e polucite. No bloco 3D da **Figura VI.10** apresenta-se uma generalização sobre as relações de intersecção observadas entre *filões cruzados* (mais precoces e com caixas retomadas pelas gerações seguintes), filões *sill* (evoluídos, com silicatos de Li), e *filões E-W* (mais tardios, a transectarem filões do tipo *sill*, com paragénese litiníferas de evolução culminante).

BLOCO 3D  
BALOUCA

**Figura VI.10.** Bloco conceptual para a tipologia dos depósitos aplitopegmatitos de tipo LCT predominante com veios hidrotermais associados, ilustração segundo o sector distal E - inclui a área de exploração informal da **Balouca-Sul**.

**SIMBOLOGIA:**

- 1- Filão aplito-pegmatítico tipo *sill*;
- 2- Filão pegmatítico E-W - fácies de maior evolução composicional;
- 3- Filão cruzado - termo improdutivo precoce.

A fácies *sill* representada na **Figura VI.10 - 1**, é predominantemente aplítica, tabular, sub-horizontal e secante à foliação de D3. Apresenta figuras de fluxo e transporte, designadas de fluidalidades, por vezes, convolutas ou dobradas.

Os filões E-W, instalados em compartimentos distensivos associados aos cisalhamentos tardi-D3 ou mesmo D4,

têm morfologia tabular e pequena espessura. São tipicamente pegmatíticos e possuem uma estruturação interna bem zonada, podendo definir um núcleo quartzoso com cavidades miarolíticas, eventualmente portadoras de sulfuretos.

**SECTORES DE INTERFERÊNCIA** - Nestes, a proximidade dos granitos vizinhos (Covas, de Santo Ovídeo, Romarigães) sugere proveniências magmáticas distintas, na formação dos pegmatóides aflorantes nesses sectores. Também o campo de tensões que controlou a instalação dos corpos pode ser distinto.

No sector de interferência do maciço de Santo Ovídeo, a atitude dos corpos modifica-se drasticamente, as trajectórias passam a ser sub-paralelas ao contacto com aquele granito, aumenta o número de filões cruzados pouco possantes e sem expressão cartográfica. A disposição dos aplito-pegmatíticos nestes sectores reflecte condições de colocação/deformação na dependência de zonas de sombra entre granitos. Nestes sectores de interferência, a SE (Santo Ovídeo), estão demarcadas as concessões de Boavista, Cabanas, a NE (Covas) as concessões de Chãos, Serra de Covas, nº1 e nº2 e Penedo do Outão, a W (Romarigães) confrontam as concessões de Serra do Lousado nº1,2,3 e Sta. Cristina.

Do que foi descrito, pode concluir-se que os corpos aplito-pegmatíticos d'Arga são estruturas complexas, onde se interrelacionam magmatitos, pegmatitos e metassomatitos. Além destas unidades, comportam também venulações quartzosas posteriores, secantes ou sub-concordantes, envolvidos por auréolas de metassomatismo endo-pegmatóide. Estas mineralizações tardias, circunscritas às caixas aplito-pegmatíticas, não dependem da sua evolução petrogenética.

Apresenta-se uma síntese sobre a caracterização mineralógica (associações tipomórficas), composição, morfologias, dimensões, estruturação interna e deformação dos corpos aplito-pegmatíticos dos vários tipos de enxames, conforme **Leal Gomes, 1994 (Tabela VI.11)**.

**Tabela VI.11.** Caracterização mineralógica e tipologia composicional dos aplito-pegmatitos do campo d'Arga. Abreviaturas em índice próprio.

MAIS PRECOSES  MAIS TARDIOS	1 - Fácies pegmatítica primordial venular	Quartzo - feldspática	Situação de colheita de leucossoma Dobrados e muito deformados	
	2 - Veios de quartzo com AND	Quartzo - andaluzítico	Segregações metamórficas com ocorrência ocasional de COR, Muito deformados e metamorizados	
	3 - Fácies aplito-pegmatíticos em <i>filões cruzados</i>	Quartzo-micácea-albítica, hiperaluminosa com BER, Nb>Ta e minerais de T.R. e U	Muito deformados - "cataclasitos", metamorizados e não metamorizados	Bloco 3D Dem Figura VI.8
	4 - Fácies granítica e aplito-pegmatítica em <i>filões radiais</i> e <i>cone-sheets</i>	Filões radiais aplíticos a graníticos de 2 micas; filões em <i>cone-sheets</i> aplíticos albíticos	Deformados	
	5 - Fácies aplito-pegmatíticos em corpos <i>sill</i>	Lenticular ou tabular, sub-horizontizados, feld K - albíticos, minerais de Li marcam termos de evolução: PET + ESP + AMB + TUR	Deformados	Bloco 3D Cabração - Monteiro Figura VI.9
	6 - Pegmatitos em <i>filões E-W</i>	Tabulares pouco possantes sobremicáceos litíferos, (AMB + TUR + LEP + POL) internamente zonados, por vezes com cavidades miarolíticas - (pegmatitos paroximais)	Pouco deformados, restringem-se a alinhamentos estruturais E-W, onde intersectam corredores de cisalhamento NW-SE precoces	Bloco 3D Balouca Figura VI.10

### 1.3 Expressões mineralógica e paragenéticas, morfologia e dimensões - quadro síntese

Os aplito-pegmatitos de elementos raros reflectem uma especialização expressa em cortejos de minerais acessórios, assumindo o papel marcador dos percursos de petrogénese e indicador das condições de colocação e cristalização. Os metais potencialmente geradores das expressões mineralógicas típicas destes depósitos indicam-se na **Tabela VI.12**. A ordenação (Sn a Zn), representa o carácter de ubiquidade recorrente no campo aplito-pegmatítico d'Arga. Os diferenciados são tanto mais complexos, quanto maior a diversidade de fases metalíferas. Esta diversidade pode incluir apenas um único estado paragenético, responsável por uma grande diversidade mineralógica. A paragéneses-tipo: **CAS**, **NbTAN**, Mi, Ab, Qz, Fk, (Fe, Mg, Li)-TUR, ILM, RUT, XEN, MON, ZIR, BER, CRISB, um diversificado cortejo de fosfatos e ainda AND, SIL e COR. O estudo das diferentes expressões mineralógicas de metais raros (**Tabela VI.12**), apresentado em **Leal Gomes (1994)**, permite constatar que o campo aplito-pegmatito se comporta como uma unidade espacial estruturalmente bem definida e com desenvolvimento petrogenético global constante, independente da localização dos corpos.

**Tabela VI.12.** Expressões mineralógicas correspondentes dos aplitopegmatitos de minerais raros. Entre parêntesis fácies e metais raros. Abreviaturas esclarecidas em índice próprio.

METAIS	FÁCIES PORTADORAS	EXPRESSÕES MINERALÓGICAS COMUNS (E MENOS COMUNS)
Sn	Todos os enxames aplito-pegmatíticos	CAS, (GAN - var. LIMAÍTE(?), NIG)
Nb-Ta	Todos os enxames aplito-pegmatíticos	NbTAN, TAP, (MIGR, WODG)
Li	Típico dos enxames <i>sill</i>	PET, ESP, EUC, AMB-MONT, TRIF-LIT, ZIN, LEP, (ELB-LIDI var. VER, RUB, IND)
Be	Unidades internas, tipicamente pegmatíticas, em enxames <i>sill</i> e <i>filões cruzados</i>	BER, (CRIS)
(Cs)	Fácies de maior evolução pegmatítica - paroxismais tardios - <i>filões E-W</i>	(POL)
(U)		URAN,
(T.R.)	Típicos de enxames de <i>filões cruzados</i>	MON, (XEN, BET)
(Zn)	Ocasional em <i>magmatitos</i> de vários enxames	(GAN-HER)

Podem referir-se como substâncias alvo: Sn, Nb-Ta (W, Au), tomando o quadro de recursos base propostos por **Leal Gomes (1994)**, **Tabela VI.13**. No passado, a lavra incidiu sobretudo sobre as mineralizações de Sn. O aproveitamento dos NbTAN foi sucedâneo em várias concessões, principalmente na década de 1950, por toda a RMArga. Podem referir-se algumas explorações dedicadas predominantemente a niobiotantalatos: Cumieira nº1, Andorinheiras, Escusa nº2 e Monte do Formigoso. Para estes casos referem-se zonas de concentração acima de 3Kg/ton, com pouca ou nenhuma cassiterite (**CMNorte, Dossier W, 1955**).

ESTADO MAGMÁTICO	ESTADO PEGMATÍTICO			METASSOMATISMO (Greisenização)
	IMISCIBILIDADE INCIPIENTE	IMISCIBILIDADE EXTENSIVA	FASE PAROXISMAL	
Sn — (CAS) —	CAS			CAS (0.15% Sn)
Li — PET ± ESP (0.5% Li)	AMB ± ESP	AMB	LEP (12%Li)	
Cs			POL (0.2%Cs)	
Nb-Ta — FeNiOB			MnTAN	
Be	(BER)	BER		

**Tabela VI.13.** Quadro dos recursos base para as diferentes mineralizações atribuídas aos aplito-pegmatitos, referência ao enxame sill. Mais significativos apresentam-se a sublinhado. Extraído de **Leal Gomes (1994)**.

As mineralizações de W são neste tipo de depósito subprodutos, ocorrendo quando os aplito-pegmatitos são intruídos por venulações tardias com volframite. Esporadicamente, e no mesmo suporte litológico, referem-se índices de Au de tipo flocular ou disseminado em quartzo (como nos depósitos de Monteiro, Alto da Bouça das Freiras e Vila Mou).

Generalizadamente, a **morfologia** dos corpos pegmatóides exo-graníticos é filoniana. Na **Tabela VI.14** sintetizam-se alguns aspectos discriminantes. **Leal Gomes (1994)** correlaciona-a com a intensidade de deformação a que os corpos estariam sujeitos, tomando como referência as geometrias das figuras de fluxo – designadas de fluidalidades. São mais expressivas as marcas de deformação em regime dúctil.

**Tabela VI.14.** Morfologia de pegmatóides e relação com a 3ª fase Varisca. Exemplos de minas cujos depósitos-alvo manifestavam fácies dominante.

FÁCIES	DIMENSÕES	FORMAS	ATITUDES (relativamente a D3)	MARCAS DE DEFORMAÇÃO	Minas Exemplo
Pegmatítica	Métricas	Lenticular, <i>boudin</i>	Paralela e vertical	Maior intensidade em cisalhamento simples (dúctil-frágil), catáclase e milonitização	<b>Boavista Azevedo nº6</b>
Aplito-Pegmatítica	Métricas a decamétricas	<i>cruzado, radial, cone-sheet, sill tabular</i>	Paralela a sub-paralela inclinada a sub-vertical	Catáclase na proximidade de contactos	<b>Cruz da Facha Monteiro</b>
Aplítica	Métricas	<i>sill/tabular</i>	Próxima de secante sub-horizontal	Menor intensidade de deformação, sem deslocamentos cisalhantes, sujeita a compressão-dobramento em regime dúctil	<b>Mata Vila Mou Espantar (Balouca)</b>

**2. DESCRITOR TÉCNICO** - Sobre este tipo de depósitos incidiu o mais amplo empreendimento mineiro da RMArga, com períodos de exploração alargados e ciclos de aproveitamento dos mesmos depósitos e/ou escombreyras. Os primeiros filões intervencionados eram, geralmente, os mais fáceis de desmontar e tratar, designados na gíria por “*filões de saibro*”, corresponderiam a aplitos ou aplito-pegmatitos greisenizados. Também eram descritos “filões cruzadores” com teores baixos e de menor possança em relação aos anteriores. Os depósitos alvo, tal como se indica na **Tabela VI.15**, podia apresentar diferentes fácies, sendo comum ocorrerem filões de quartzo com metalização distinta do corpo principal.

Das cerca de uma centena de concessões que exploraram depósitos aplito-pegmatíticos indicam-se na **Tabela VI.15** as mais representativas de cada campo mineiro, algumas delas estão alinhadas em faixas mineiras.

Associado aos filões ocorriam inúmeros depósitos aluvionares, circunscritos pelo relevo sinuoso, ao longo dos cursos de água. O seu acesso e exploração eram relativamente fáceis, as coberturas de solo vegetal eram estreitas e os níveis mineralizados eram pouco extensos e espessos.

Pode dizer-se que a abordagem aos depósitos primários e, subsidiariamente, aos secundários, ou detríticos, garantiu a sustentabilidade da maioria das lavras mineiras desta tipologia.

Por outro lado, a proximidade a fontes de água e o acesso facilitado à energia eléctrica, desde a Central Hidroeléctrica do Coura, justificava a atribuição do valor industrial á concessão mineira.

**Tabela VI.15.** Concessões mineiras que lavraram sobre depósitos aplito-pegmatíticos. Agrupadas por coutos (CM), campos (C) e faixas mineiras (F). **Campos:** Serra de Covas (C1); Lousado (C2); Cabração (C3); Formigoso (C4); Junqueiro (C5); Vila Mou (C8); Agueira (C9, integra o Couto Mineiro n° 51), Vale do Ancora (C10), Traz Ancora (C11, integra o Couto Mineiro n° 30), Gondar (C12, integra os Coutos Mineiros n° 6 e n°24), Dem (C13, integra o Couto Mineiro n° 6). **Faixas:** Serra de Covas-Lousado-Formigoso (F1); Vilarinho-Cabração-Seixalvo (F2); Costa das Minas-Azevedo-Paradela (F6); Lugar de Dem-Pedrulhos-Espantar (F7); Corzes-Sra.Neves-Gondar (F8).

NÚMERO	NOME	SUB(S) - ALVO	COUTOS CAMPOS (FAIXAS)	ANO		DIRECÇÃO	INCLINAÇÃO	POSSANÇA (m)	TEORES* (Kg/t)	DEPÓSITO - ALVO <sup>1</sup>
				DESCOBERTA	CONCESSÃO					
565	Bouça de Água ou Bouça da Carvalha	Sn	<b>C8</b> (F4)	1905	1913	N75°W	70°E		8	π
758	Costa das Minas	Sn			1917	N18°W	70°E	1.4	20*	απ,π,qz
1654	Azevedo n°4	Sn	<b>C10</b> (F6)	1913	1928	N8°E	80°E	0.8	26*	απ,π,qz
1659	Paradela n°4	Sn			1928	N68°-85°E	38°N	0.7		π,qz
964	Fonte Nova	Sn	<b>C13</b>	1918	1920	N20°W	70°NW	0.2 - 0.5		απ,π
979	Lugar de Dem	Sn	CM6, <b>C13</b> (F7)	1918	1920	N45°W	80°E	2		απ,qz
1674	Orbacém	Sn		1922	1929	N20°W	70°-80°E			π,qz
2217	Tourim n°2	Sn(Au)	<b>C9</b>	1939	1947	E-W	75°N	0.5		π,απ,qz
1451	Zebres	Sn		1920	1924	N10°E	60°-78°E	0.5		απ,π,g
1448	Gondar	Sn	CM24, <b>C12</b> (F8)	1921	1924	N15°E	80°W	0.35		απ,g
1557	Sra. Neves n°1	Sn		1922	1926	N10°W	80°W	0.7 - 1.2		απ,π,g
1486	Mata de Vila Mou	Sn(Ta)		1921	1924	N40°-50°W	Vertical	0.3 - 6	5	α,g
2416	Baixa das Ervas	Sn(W)		1941	1949	N45°W	45°W	0.8-1	4	π,qz
2792	Vilela	Sn	<b>C8</b>	1941	1952	N40°E	70°NW	0.8 - 0.9	2.5	απ
3304	Silveireiro	Sn		1953	1961	E-W	75°S	0.2 - 1		π,απ
3240	Balteiro n°2	Sn		1956	1958	N75°E	Vertical	0.6	1 a 3	π,qz
1668	Espantar	Sn		1925	1928	N-S	68°-72°E	3.0 - 5	2 a 3	απ,g
1791	Pedrulhos n°4	Sn(Au)	CM30, <b>C11</b> (F7)	1928	1930	E-W	Vertical	0.6 - 1	2 a 4	π,απ,qz
2194	Corzes	Sn		1941	1946	E-W	70°N	2		π,απ,qz
2280	Real n°1	Sn	<b>C13</b> (F8)	1941	1947	N17°-30°E	40°E	1.2	2.5 a 3	π,g
3371	Cruz da Facha	Sn		1962	1964	N30°W	70°W	9 - 10	3.4 a 2	α,π
2195	Serra de Covas	W,Sn	<b>C1</b> (F1)	1941	1946	N-S	Vertical	1		απ,π,qz
2192	Serra do Lousado	Sn	<b>C2</b> (F1)	1941	1946	N10°W	80°E	1.5 - 2.5	5 a 10	π,qz
3270	Sta. Cristina	Sn		1956	1959	N20°W	55°W	1.5	2	απ,qz
3091	Vilarinho n°4	Sn	<b>C3</b> (F2)	1952	1956	N30°W	70°E	1	2	απ,qz
1944	Monteiro	Sn(Au)		1936	1937	N12°W	80°NE	6 - 18	5 (Sn) 1g/t (Au)	α,απ,qz
2137	Cumieira	Sn(Ta)		1941	1945	N45°E	85°S	3	6 1 (Ta)	απ
2901	Escusa n°2	Ta (Au, Ag)	<b>C5</b>	1947	1954	E-W	80°N	2	3.2g/t (Au) 134.8g/t (Ag)	π,απ,qz
2339	Cabanas	Sn(W)		1941	1948	E-W	70°S	1 - 6	3 (misto)	π,απ,qz
3153	Monte do Formigoso n°2	Nb,Ta	<b>C4</b> (F1)	1952	1957	N20°W	80°E	1	1	α,απ

<sup>1</sup> Corpo ou depósito alvo de exploração: aplito (α), aplito-pegmatito (απ), pegmatito (π), greisen ou termo greisenizado (g), filão de quartzo (qz). \*Teores expeditos, realizados à bateia, indicação de alguns valores máximos em amostragens pontuais.

## 2.1 Exploração mineira, métodos de desmonte e extracção

A exploração mineira sob este depósito tipo encontra-se ilustrada em muitos documentos técnicos onde foi possível reconhecer as várias etapas do desenvolvimento mineiro dirigido em aplitopegmatitos. Foi possível deduzir as formas de exploração como acesso e desmonte ou extracção (CAPITULO IV.2).

**ACESSO** - As opções técnicas adoptadas neste tipo de depósitos variavam consoante a configuração topográfica das áreas de concessão e a possança do depósito. Em terreno declivoso optava-se por **galerias travessas em flanco de encosta**. As galerias eram abertas de forma que a soleira ficasse na rocha encaixante e o filão na parede. Isto garantia a firmeza dos

acessos mesmo depois do desmonte de maciços. Em terrenos planos, vales ou planaltos, a opção técnica de acesso era o **poço mestre**, de onde partiam galerias travessas e em direção. O material aflorante deste tipo de filões surgia muito alterado, desagregando-se facilmente – daí a expressão “filões de saibro” comum entre os mineiros. Apresentava uma coloração clara, levemente alaranjada em alguns casos pela presença de oxi-hidróxidos de Fe. Esta particularidade física facilitava o trabalho de desmonte em lavras rudimentares e irregulares, “*com uma simples pá faziam grandes desmontes*” (Ínsua n.º1, *Dossier 2191, PL,1946, IV.8 Anexo*).

**DESMONTE** - Os métodos de desmonte com orientação técnica incluíam: **talhadas horizontais com avanço ascendente** em filões com possança >2m, com inclinações variáveis, em depósitos com grande andamento; **degraus invertidos (testeiras)** em filões estreitos, possanças < 2m, inclinados a verticais – que representava a generalidade dos depósitos filonianos aplito-pegmatíticos e de quartzo hidrotermal; **degraus direitos (bancadas)** em corpos irregulares e com disseminação irregular do minério, com possanças > 2m e diferentes inclinações. Pode ainda referir-se uma modalidade dos degraus invertidos com “auto-enchimento provisório” – “*shrinkage stope*” empregue quando a rocha encaixante tinha consistência.

## 2.2 Tratamento e preparação de minérios - diagramas de lavarias-tipo

Uma lavaria ou oficina mecânica com algum desenvolvimento e investimento tecnológico para este tipo de depósito, em RMArga, foi a lavaria-piloto de Monteiro, esta representou o centro de tratamento do campo mineiro da Cabração, vertente E da Serra d’Arga. Nos finais da década de 30 do séc. XX, processava cerca de 6 t/h. Incluía dois sistemas de fragmentação – britadora e moinho – intervalados por classificação e escolha. A produção do jazigo levou à instalação de 6 mesas oscilantes, em 1941, ampliada para 8.

O número médio de mesas por oficina mecânica seria 3 a 4, reforçando-se a intervenção de jigas em estágios preliminares. Na vertente W da Serra d’Arga, a “Oficina de Preparação Mecânica e Lavaria” do Couto Mineiro de Dem, em 1940 compreendia: mesas de britagem manual; moinho de trituração mecânico, crivo com 3 malhas; 3 jigas de lavagem e uma caleira manual. Era o centro de tratamento de 5 concessões, processava 1,5t/h de minério bruto. Na maioria das vezes as mesas eram até substituídas por caleiras manuais, fáceis de operar além do espaço da oficina e com recurso directo à água dos ribeiros e cursos de água menores.

## 2.3 Acções de prospecção e pesquisa - síntese de estudos e contractos vigentes

No passado, as pesquisa sobre estes depósitos estavam associadas ao impulso popular, sobretudo nas ocorrências aflorantes. A área da Balouca é exemplo disso, não sendo concessionada, foi largamente explorada.

A implantação de empresas concessionárias foi garantindo a revelação dos depósitos e a sua exploração mais racional e a profundidades maiores. De qualquer forma, a viabilidade técnica implicava custos elevados de mão-de-obra e energia eléctrica – esta exigência tornava a exploração economicamente muito condicionada e dependente de altos valores de cotação dos metais. Não se verificando, a concessionária podia pedir a suspensão de lavra, conservando assim os direitos à área mineira, sem demais encargos fiscais.

A manutenção desta situação por períodos muito prolongados obrigava a CMNorte a averiguações, que podiam desencadear estudos aprofundados de cariz prospectivo como o que se refere na **Tabela VI.16**.

**Tabela VI.16.** Acções de prospecção e pesquisa passadas dirigidas aos depósitos aplito-pegmatitos.

ANO - PERÍODO	ÁREA	ENTIDADE	PROGRAMA E OBJECTIVOS	TÉCNICAS E OPERAÇÕES	RESULTADOS		REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
					Documentos Produzidos	Evidências	
1980-1983	Área mineira concessionada às empresas Entrepósito Mineiro do Minho, Lda. e MIPOLI, SARL.	SFM (CMN)	Averiguação da continuada suspensão de lavra de minas de NbTAN e minérios associados.	Levantamento geológico de galerias abandonadas; Amostragem de roços; Mineralometria; DRX; Geoquímica.	Plantas de galerias; Fichas de análise química de Ta, Nb, Sn; Relatórios de mineralometria.	Inconclusivo por falta de apoio analítico laboratorial	Dias de Carvalho (1986)

Actualmente, decorrem vários programas de prospecção e pesquisa e inclusivamente um de exploração\* dirigidos a este tipo de depósito, na RMA. Tem-se em vista a um espectro mais alargado de substâncias-alvo, sumarizadas na **Tabela VI.17**, além das que foram exploradas no passado.

**Tabela VI.17.** Contractos de prospecção e pesquisa presentes dirigidas aos depósitos aplito-pegmatitos (**Mineral Resources of Portugal, 2012**).

ANO - PERÍODO	ÁREA	DESIGNAÇÃO	SUBSTÂNCIAS-ALVO
2004 - 2008 (em exploração)	Ponte de Lima	Cabração, Formigoso	(Li, Qz e Feld)
2010 - (em curso)	Caminha, Viana do Castelo	Aldeia	
	Ponte de Lima Vila Nova de Cerveira	Cabanas, Vilarinho Ledo	
2011 - (em curso)	Ponte de Lima	Lourinhal	
2011 - (em curso)	Paredes de Coura, Ponte de Lima	Arga E	(W, Sn, Au, Ag, Nb e Ta)
	Vila Nova de Cerveira, Caminha	Arga W	

**3 DESCRITOR AMBIENTAL -** Neste tipo de depósitos, aplito-pegmatitos, os principais impactes mineiros decorriam na primeira fase da exploração e no tratamento de algumas das fácies destes depósitos, no período de lavra. A intervenção massiva sobre zonas de afloramento promovia a descaracterização da paisagem, com implicações físicas de grande impacto para as comunidades locais e para outras actividades como a pastorícia (campo mineiro do Lousado, de Gondar e Dem), a floresta de produção ou a agricultura (campo mineiro de Vila Mou e Formigoso).

Actualmente, em determinadas áreas mineiras, persiste um modelado caótico, de pequenas escavações e materiais soltos e amontoados, com dimensões irregulares e composição quartzosa, granítica e xistenta – configurações mais ou menos localizadas na paisagem de encostas e sopés, delimitadas por cursos de água sazonais ou permanentes.

### **3.1 Escavações - vestígios de desmonte e acumulação de resíduos**

Nos trabalhos preparatórios da exploração de um depósito aplito-pegmatítico, as escavações de acesso e traçagem, envolviam um impacto físico elevado. Os métodos empregues no desmonte subterrâneo, em corpos filonianos, pouco possantes, previam o enchimento dos espaços vazios, daí a maior parte das galerias em direcção, escavadas no depósito, já não se identificarem ou não sejam transitáveis. Algumas dessas galerias travessas, em flanco de encosta,

foram reconhecidas, mas a proximidade às frentes de desmonte é limitada, ou porque sofreram desabamentos ou enchimento propositado aplicando os estéreis desmontados, quase na sua totalidade (Cumieira, Fonte Nova).

Nas fases mais avançadas da exploração, ou em novos ciclos de retoma mineira, nos depósitos de maior possança e menor inclinação, o acesso progredia segundo poços (ou segundo um poço-mestre), com profundidades que poderiam ir aos 50m (Cruz da Facha, Mata de Vila Mou, Monteiro e Corzes). Das escavações com maior desenvolvimento e períodos de lavra mais prolongados, restam hoje vestígios em ruína, mascarados pela vegetação, ou insistentemente preenchidos com entulhos diversos (domésticos, de construção civil, florestais, agrícolas e pecuários), que ampliam, por seu turno, o impacte físico e agravam os riscos geotécnicos associados.

### 3.2 Tipos de gangas e implicações na rede hidrográfica

O problema fundamental do impacte da exploração de aplito-pegmatitos era o volume de resíduos produzidos e o seu grau de alteração – tratando-se de gangas de natureza quartzo-feldspática, algumas fortemente argilizadas. As minas que lavraram sobre aplito-pegmatitos de maior possança – genericamente corpos *sill*, com possanças superiores a 2m, usavam métodos de desmonte do tipo *talhadas horizontais em que* o material desmontado excedia os enchimentos, acumulando-se no exterior. Por seu turno, na oficina de tratamento, a cominuição e o desenlameamento originavam níveis elevados de sólidos suspensos nas águas efluentes, que assoreavam os ribeiros ou rios anexos.

O carácter reactivo dos resíduos não era nestas paragénese o factor de depreciação ambiental, antes a sua elevada cominuição, ora específica da fácies mais aplítica ou de uma paragénese secundária evoluída. Também os processos de fragmentação ampliavam a produção de superfinos, o que restringia a eficiência das lavarias, implicando o recurso à via seca ou ao emprego de maiores quantidades de água para a concentração gravítica (Tabela VI.18).

Exemplo deste problema, verificado no período de lavra, com repercussões ainda nos dias de hoje é a albufeira do Lourinhal, assoreada por estéreis de material aplítico e pegmatítico da lavaria de Monteiro (sede de tratamento de 10 áreas de concessão: Monteiro, Ínsua nº1, Ribeiro do Seixalvo, Pedrinhas Brancas1, Cabração1, Couto Russo nº1, Couto Russo nº2, Pedrinhas Brancas nº2, Forçadas, Escusa). O campo mineiro da Cabração (C3) foi o mais produtivo na RMArga, sobre este depósito a lavra manteve-se, de forma mais ou menos irregular, desde 1936 até 1960.

Tabela VI.18. Calibres que intervieram nos processos de separação e concentração gravítica presente nas lavarias-sede, exemplos não exclusivos.

	EQUIPAMENTOS	Calibres (mm)												LAVARIAS-SEDE			
		0.005	0.01	0.02	0.04	0.08	0.1	0.2	0.4	0.8	1.2	2	4		8		
VIA HÚMIDA	Jigas																Real1
	Mesas																Zebres
	Caleiras																Espantar
VIA SECA	Jigas																Monteiros
	“Buchas” e Mesas																Corzes

O fenómeno do assoreamento era motivo recorrente de reclamações populares contra a concessionária. Nessa sequência construíram-se represas nas ribeiras anexas e uma pequena barragem para fins da lavaria, acabando por colapsar após abandono da exploração de Monteiro, já no seu último ciclo dedicado ao quartzo e feldspato (1963-71).

**4- DESCRITOR PATRIMONIAL** - A RMArga, na sua extensão territorial, equivalente ao campo aplito-pegmatítico abordado em **Leal Gomes (1986, 1992, 1994, 1995a,b,c, 1997, 1999, 2003)**. Apresenta muitos dos corpos, enxames e paragénese aplito-pegmatíticas estudadas, alvos de lavra mineira no passado, em ciclos de aproveitamento que iniciam na primeira década do séc. XX, até meados de 70.

A presente tipologia representa elevado interesse na componente do património natural - geológico, tanto no sentido estrito, como nos aspectos particulares morfológicos e mineralógicos, também na componente cultural, da arqueologia mineira, valores documentais e imateriais, que testemunham a história contemporânea do país e suas opções geoestratégicas. Estes factos justificam a identificação e caracterização de diversos centros de exploração dos depósitos aplito-pegmatíticos como locais e áreas de interesse geológico e mineiro (**Lima, 1996, 2006**), indicados na **Tabela VI.19**.

**Tabela VI.19.** Classes de interesse patrimonial de minas e minérios de depósitos tipo aplito-pegmatito, discriminados pelas fácies .

PATRIMÓNIO		Aplito-Pegmatitos <i>Filões Cruzados</i>	Aplito-Pegmatitos <i>Tipo Sill</i>	Pegmatitos E-W	Focagem Hidrotermal (presença de filões de Qz)
		CAS			
		NbTAN			
		Li			W (Au-Ag)
<b>Caracterizado</b>	Singularidade mineralógica	Lourinhal	Balouca		Monteiro
	Interesse geológico s.s.	Dem	Cruz da Facha	Balouca	Dem
	Arqueologia Mineira	Corzes			Castelhão
<b>Inferido</b> (referências em Dossiers Mineiros)	Vestígios romanos	Guilhufes		Vila Mou	Amonde
	Vários ciclos mineiros	Sra. das Neves	Azevedos	Formigoso	
	Grande empreendimento	Penedo do Outão	Escusa - Ínsua	Pedrulhos Cabanas	Boavista
<b>Indicado</b> (narrativas de antigos mineiros)	"Fenómeno Social"	Chão da Costa	Vila Mou - Meixedo	Balouca	
	"Lavras"	Vala Grande	Cruz da Facha		
	"Minério"	Lanheses	Cumieira		Três Caminhos

Por outro lado, existem evidências da importância como património mineiro nas fontes documentais – históricas e técnicas – consultadas em arquivos mineiros, nomeadamente indicando a presença de vestígios de exploração romana, sobre depósitos e escombros retomados no séc. XX, e bem assim, vários ciclos de aproveitamento e o empreendimento dos concessionários (a nacionalidade, o investimento, a produção, as opções técnicas).

A comunidade que interveio em todo o processo de instalação e produção e abandono, testemunha aspectos particulares dirigidos aos aplito-pegmatitos. Na **Tabela VI.19** indicam-se os locais com maior valor e significado no discurso de alguns elementos das comunidades mineiras revisitadas e entrevistadas.

**SITUAÇÕES DE INTERFACE OU TERMOS DA TIPOLOGIA** - O campo aplito-pegmatítico, admitindo uma grande diversidade de fácies e formas de ocorrência, que se quiseram apresentar sucintamente no descritor geologia, pode considerar-se com distribuição semelhante. Os sectores de ocorrência indicados reportam-se ao grau de influência que o

granito d'Arga exerce sobre os aplito-pegmatitos. Nessa compartimentação espacial não se reconhece uma heterogeneidade que aponte termos a esta tipologia. Contudo, do ponto de vista genético, segundo **Leal Gomes (1994)**, estarão presentes dois estados evolutivos maiores na cristalização primária deste tipo de depósitos: estado magmático - abrangente - e estado pegmatítico - menos extensivo.

Os dois enxames mais representativos – filões cruzados e *sills* – distinguem-se pelas suas paragêneses acessórias, em que a mineralização litínifera é exclusiva dos corpos *sill*, quer no estado magmático, quer no pegmatítico. O carácter aluminoso e as mineralizações em Be, TR e U, são típicos dos *filões cruzados*, sobretudo, no estado pegmatítico. Os aplito-pegmatíticos mais fraccionados e evoluídos têm especialização em Li, Cs e Ta (tipo LCT).

As paragêneses mais evoluídas integram as mineralizações de Li (petalite, espodumena) → (elbaíte, ambligonite). A formação de ambligonite marca o limiar entre os estados magmático e pegmatítico. A formação de lepidolite e polucite indica um termo de evolução culminante, observadas na fácies paroximais, de que é exemplo e situação extrema a ocorrência da Balouca (**Figura VI.10**).

A existência de depósitos aplito-pegmatíticos retomados por cisalhamento tardios e afectados pela focagem hidrotermal é frequente, destacam-se algumas minas pela presença de Au-Ag em quantidades assinaláveis - Monteiro, Vila Mou, Tourim nº2, respectivamente nos quadrantes E, S e W do campo aplito-pegmatito d'Arga.

### VI.2.3. MODELO CONCEPTUAL PARA ENXAMES VENULARES COM FOCAGEM HIDROTERMAL EM ZONAS DE CISALHAMENTO, COM CONCENTRAÇÕES DE Au, W, Bi, Cu, Te, Zn

No presente modelo discute-se a interface deste tipo de depósito e o aplito-pegmatito e as possíveis implicações mineiras. O carácter circunscrito e o controlo estrutural ao longo de corredores, determinou os contornos das principais faixas mineiras da RMArga.

**1. DESCRITOR GEOLÓGICO -** Estes depósitos acompanham estruturas lineamentares, quilométricas (onde ocorrem também aplito-pegmatitos) que marcam corredores de mineralização ou metalização. Os corredores estão materializados por enxames de filões em faixas de corpos paralelos ou em juntas correspondentes a fracturas transversais, segundo o modelo *de riedel*. Alguns desses lineamentos correspondem a zonas de cisalhamento mineralizadas e cartograficamente bem definidas, com destaque para Argas- Cerquido- Santa Justa e Alto da Bouça da Breia- Folgadoiro-Campo da Corte.

#### **1.1. Descrição metalogenética - distribuição cartográfica de depósitos/áreas mineiras**

Os movimentos diferenciais, por contraste de competência entre os granitóides (mais rígidos) e os metassedimentos encaixantes (mais plásticos) promovem cisalhamentos que ocorrem, por ascensão plutónica relativamente aos metassedimentos, ou pela resposta diferenciada entre plutonitos e metassedimentos, face à imposição de uma deformação externa (**Leal Gomes e Gaspar, 1992**). Os corredores estão materializados por enxames de filões que ocorrem geralmente em faixas de corpos paralelos ou em juntas correspondentes a fracturas transversais em *riedel*.

Ao longo das zonas de cisalhamento, os processos deformacionais com determinada orientação, dissipam-se em reactivações de maior ou menor amplitude, dadas as descontinuidades percursoras e a proximidade a um contraste de competência entre granito e metassedimento encaixante (Leal Gomes, 1994). As reactivações ocorrem ao longo de um período alargado, imprimindo geometrias próprias de fenómenos de (re)abertura-selagem, como o *crack-seal* (Leal Gomes, 1994), com focagem de fluidos mineralizantes e deposição de paragénese hidrotermais sucessivas. O termo focagem emprega-se no sentido da captação e convergência de fluidos mineralizantes, que percolam no volume rochoso, em estruturas favoráveis, bem definidas e reactiváveis em sucessivos episódios deformacionais. A percolação dá-se de forma mais ou menos difusa, com cristalização de paragénese complexas.

Na RMArga este tipo de depósito pode ocorrer por toda a área, apresentando várias orientações, Leal Gomes (1994) associa-o à transcorrência sinestrogira tardi D3 e tardi-diapírica. As famílias de atitudes são definidas pelos vários suportes litológicos (veios dilatacionais de quartzo; veios *crack-seal* e brechas de falha e de esmagamento), sintetizados na Tabela VI.20. Os veios dilatacionais estão associados a fracturas distensivas, situadas no interior de corredores de cisalhamento, correspondendo a veios *en-écheleon*, sigmoidais.

Nestes corredores de deslocamento, os espaços dilatacionais acolhem a focagem ou fluidos percolados que podem conter concentrações de metais úteis, como W, Au, Ag, Zn, Pb. A acção hidrotermal contemporânea da fracturação é, segundo Leal Gomes (1994), fortemente influenciada pela dissipação de calor a partir de plutonitos vizinhos.

**Tabela VI.20.** Descrição dos tipos de suportes litológicos e estruturais das mineralizações (representadas pelos índices metalogenéticos) de acordo com Leal Gomes (1994). ABREVIATURAS: quartzo (Qz); sulfuretos (sulf); sulfossais (sulfos); fluorite (FLUO)

SUPTES LITOLÓGICOS	ATITUDES DOMINANTES	CORREDORES DE CISALHAMENTO	ENCAIXANTE	FAIXAS MINEIRAS	FAIXA	ÍNDICE
Veios dilatacionais de Qz	Sub-paralelos (N70-90E/ sub-verticais)	Corredores de cisalhamento N30°W	metassedimentar psamítico a pelítico com intercalações de xistos e quartzitos negros e aplito-pegmatitos	Argas-Cerquido-StaJusta	F3	W
	Sub-paralelos (N30-70E/ inclinados a sub-vert)	Corredores de cisalhamento N20°-30°W	aplitop-pegmatitos	Dem-Pedrulhos-Espantar Vilarinho-Cabração-Seixalvo	F7 F2	W As-Au
Veios <i>crack-seal</i>	NW-SE		micaxistos, xistos negros, metagrauvaques e metavulcanitos	Argas-Cerquido-StaJusta	F3	W-Au Sulf Sulfos
				Alto da Bouça da Breia-Folgadoiro-Campo da Corte	F4	
				Amonde-"Verdes"-Corredoura	F5	
Brechas de Falha e	Segmentos descontinuos NW-SE	Segundo o corredor de cisalhamento. Clastos de aplito de <i>cone-sheet</i>	quartzitos, liditos, quartzofilitos	Argas-Cerquido-StaJusta	F3	Sulf Sulfos Au-Ag
				Argas-Cerquido-StaJusta Dem-Pedrulhos-Espantar	F3 F7	Sulf FLUO
Brechas de Esmagamento	N7°E	Clastos pegmatíticos de <i>filão cruzado</i>	-	-	-	Sulf
	N-S	Clastos de lidito, quartzito e quartzofilito	quartzitos, liditos, quartzofilitos	Vilarinho-Cabração-Seixalvo	F2	As-Au

Na Tabela VI.21, a par da Figura VI.11 indicam-se as principais estruturas que condicionam a colocação deste tipo de depósitos na RMArga, apresentados em Leal Gomes (1994), nomeadamente cisalhamentos precoces e tardios, estruturas e componentes de desligamento associadas. Assinalam-se áreas de concessão e faixas mineiras afectadas.

Tabela VI.21. Descrição das principais estruturas mega-escalares definidas em regime dúcil-fágil a frágil. Adaptado de Leal Gomes (1994).

PRINCIPAIS CISALHAMENTOS	ESTRUTURAS ASSOCIADAS	COMPONENTES DE DESLIGAMENTO	MINAS AFECTADAS (Substâncias-Alvo)	Tipo do depósito
<b>CISALHAMENTOS PRECOSES (DÚCTEIS FRÁGEIS DEPENDENTES DA TRANSCORRÊNCIA ENVOLVENTE) - Figura VI.11A</b>				
Desligamento de Romarigães	Granito fortemente milonitizado – aplito-pegmatitos próximos e paralelos	Cisalhamento polifásico – sinistrógiro sobreposto a desligamento dextrógiro	Chãos (Sn) Serra de Covas (W,Sn) Serra do Lousado (Sn)	T2
Corredor Picoto Carvalho ao Formigoso	Associado a aplito-pegmatitos sub-paralelos <i>boudinados</i> e mais ou menos deformados, com enchimento argiloso; quartzoso; sub-granulado	Cisalhamento simples – N30°-40°W - limitado por falhas com componente de desligamento esquerdo	Vilarinho n°4 (Sn) Monte Formigoso (NbTa)	T2
Corredor Mãos – Físga	Veios dilatacionais de <i>telescoping</i> (feixe de veios de quartzo mineralizados em W, sub-paralelos, E-W/sub-vertical) encaixados nos metassedimentos	Rupturas extensivas, limitado por falhas N20°-4°0W/sub-verticais	Cavalinho (WSn) Mãos (WSn)	T3
Lineamento Argas-Cerquido	Veios de quartzo, dilatacionais e transversais, milonitizados e brechificados com cimento quartzoso, intercalados por formações quartzíticas e quartzofílicas competentes; enchimentos bandados em <i>crack-seal</i> , com várias gerações de quartzo.	Cisalhamento polifásico – inicia com <i>cone-sheet</i> aplito-pegmatítico reactivado posteriormente	Tapada e Gesteira (W), Covas dos Mouros (W), Ribeiro do Salgueiro ((WSn) Lagoa (WSn), Cavalinho (WSn)	T3 e T5
Corredor e lineamento Folgadoiro-Verdes	Lineamentos mais deformados, brechificados e cimentados por quartzo.	Semelhante a Mãos-Físga e Argas-Cerquido	Alto da Bouça Breia e Folgadoira (SnAu), Campo da Corte (WSn), Amonde (SnAu), “Verdes” (SnWAu)	T3 e T2
Lineamentos N-S	Formações mais competentes com brechas de falha e esmagamento, preenchidas com cimento quartzoso mineralizado.	Desligamentos direitos – componente horizontal dextrógiro forte, com rejeitos decamétricos no granito de Romarigães	Santa Cristina (Sn) Balouca (Sn) Monteiro (SnAu) Estorãos (WSn)	T2
<b>CISALHAMENTOS TARDIOS (FRÁGEIS DÚCTEIS DE CARACTER REGIONAL) - Figura VI.11B</b>				
N70°-90°E/ sub-vertical dt	Lineamentos cicatrizados por aplito-pegmatitos tardios e veios de quartzo, bandas <i>kink</i> e rupturas de enchimento argiloso	Incluem rupturas não penetrativas, direcções secantes a todas as estruturas, direcções com relação angular, deslocamento horizontal, carácter conjugado	Senhora das Neves (Sn) Pedrulhos (Sn)	T2 e T5
N20°-50°E/ sub-vertical eq			Santa Cristina (Sn) Pedrinhas Brancas (SnW)	T2 e T5

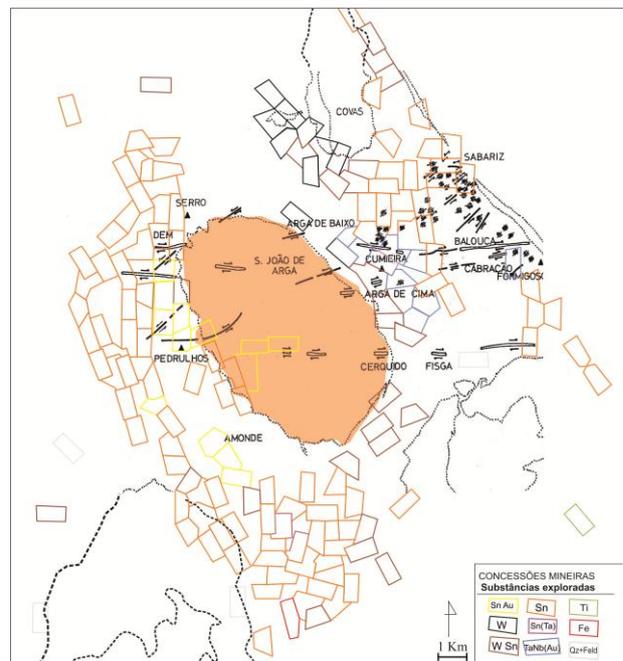
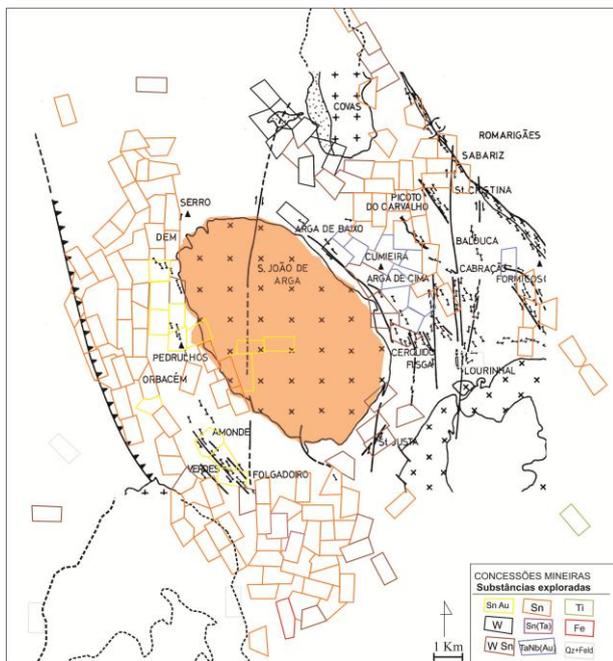
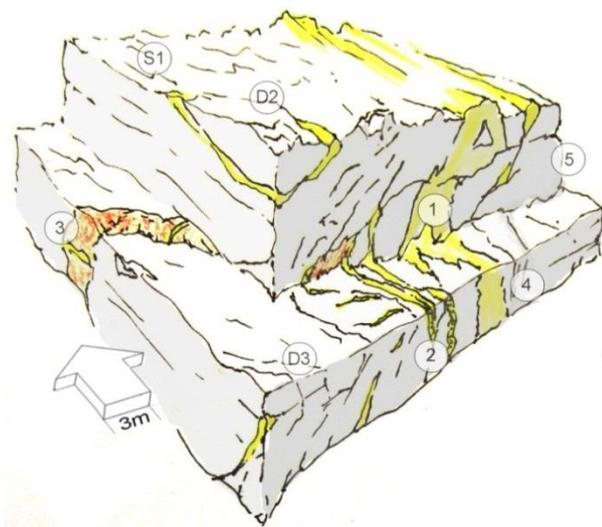


Figura VI.11. Estruturas mega escalares definidas em regime dúcil-fágil a frágil. A – Cisalhamento precoces (carreamento de Orbacém a W; lineamentos em falhas e zonas de cisalhamentos polifásico, trajectórias de estiramento D3); B – Cisalhamentos tardios (lineamentos de fracturas com veios de quartzo com sulfuretos, lineamentos dilatacionais associados a pegmatitos e veios de quartzo com sulfuretos, bandas *kink*). Modificado de Leal Gomes (1994).

## 1.2 Relação tridimensional de depósitos-tipo com o encaixante – bloco diagrama

O bloco 3D da **Figura VI.12** corresponde a uma generalização da secção do *Cavalinho*, no termo N do lineamento Argas-Cerquido. Existem semelhanças com o lineamento Amonde -“Verdes”, correspondendo igualmente a uma zona de cisalhamento polifásica. As formações quartzíticas e quartzofílicas que atravessam o lineamento apresentam-se brechificadas, com cimentos quartzosos mineralizados. Nas formações menos competentes podem surgir estruturas bandadas, de tipo *crack-seal*. A estrutura Argas-Cerquido constitui, segundo **Leal Gomes e Gaspar (1992)**, o lineamento mestre de um duplex transcorrente, translacional peridiapírico, que representa uma convexão hidrotermal, relacionada com a dissipação de calor remanescente da instalação do granito diapírico d’Arga.

### BLOCO 3D CAVALINHO



**Figura VI.12.** Distribuição de algumas estruturas de desligamento tardi-D3, veiculadoras de mineralizações pós-pegmatóides e respectivos índices metalogenéticos, área do **Cavalinho** ou **Fulão**.

#### SIMBOLOGIA:

- 1- Filão de Qz com concentrações metálicas de W (Zn+Pb+Au/Ag)
- 2- Brechas de falha;
- 3- Aplito greisenizado, com fracturas preenchidas por Qz (Au em massas argílicas retidas no greisen);
- 4- Cisalhamento D2(tangencial), D3(transcorrente);
- 5- Caixa de carreamento de D2 dobrado por D3;

S1- estruturas cisalhadas por D2;  
d2- dobras da 2ª fase Varisca;  
d3- dobras da 3ª fase Varisca.

O bloco ilustra uma apófise laminar aplito-pegmatítica, com desenvolvimento suavemente inclinado para o contacto granítico. Nestes corpos aplito-pegmatitos a fracturação em regime dúctil- frágil a frágil promove espaços dilatacionais com enchimento hidrotermal, resultando mineralizações complexas de W, Zn, Bi, Ag e Au. Algumas destas estruturas estão a reactivar cisalhamentos antigos, relacionados com a 2ª fase Varisca ou anteriores. Dado o carácter de reactivação dos deslocamentos, nas zonas de cisalhamento reconhecem-se diferentes fases de nucleação/cristalização, conferindo aspecto bandado às mineralizações cicatrizadoras. Tendências diferenciadas de *dilatação-preenchimento* proporcionam sequências paragenéticas distintas, com determinados metais marcadores da fase de reactivação (**Leal Gomes e Gaspar, 1992**). Ainda, neste ambiente estrutural e paragenético pode ocorrer um fenómeno de diluição aurífera, condicionando os teores de Au dos enchimentos venulares e a transição paragenética ouro - *electrum* (**Leal Gomes et al, 2011**). A alteração hidrotermal, por sulfurização das rochas encaixantes, pode promover a disseminação metálica.

## 1.3 Expressões mineralógicas, paragénesese, morfologia e dimensões - quadros síntese

O mineral essencial dos enchimentos venulares e dos cimentos das litologias de falha é o quartzo, para o qual se identificaram variadas texturas. Em amostras de mão, **Leal Gomes (1994)** detectou cinco gerações de quartzo. Nos veios

com estrutura interna tipo *crack-seal* o carácter recorrente e regular da cristalização de quartzo atinge o máximo de desenvolvimento. Esta estrutura é peculiar por ser a única que apresenta uma disposição rítmica fina do leito quartzoso.

As mineralizações pós-pegmatóides que ocorrem ao longo dos lineamentos, manifestam-se essencialmente pela presença de variadas associações de sulfuretos em quartzo. Estas são posteriores às de Li, Sn, Nb, Ta, Be, próprias do aplito-pegmatitos. A sucessão metalífera geral foi reconhecida com base nos principais modos de contacto (segundo **Moello e Levy, 1976**, a geometria das interfaces de fases cristalinas contíguas assume o aspecto de um dado textural, representando intercrescimentos síncronos ou formas diferenciadas de sucessão ou sobreposição paragenética): Ti -> W, Fe, As -> As, Fe -> Zn, Fe, Cu -> Pb, Cu, Fe. (**Leal Gomes e Gaspar, 1992**). Os Autores verificaram que a mineralização de As, Fe é acompanhada de Au nativo e que a mineralização Pb é acompanhada de Bi nativo, sulfossais de Bi e Ag e de *electrum*, sendo a expressão mineralógica mais tardia excluída das venulações sobrepostas com Cl, F e carbonatos. A mineralização aurífera é fortemente recorrente à medida que se sucedem os impulsos de cisalhamento. Os vários tipos de minérios são atravessados por venulações tardias essencialmente constituídas por clorite, fluorite e carbonatos, frequentes em venulações mais tardias, com revestimentos botrióides de clorite.

**2- DESCRITOR TÉCNICO** - Cerca de duas dezenas de minas exploraram depósitos de tipo filoniano ou venular hidrotermal, mas não exclusivamente; na **Tabela VI.22** indicam-se as mais representativas de cada Campo Mineiro. As concessões estão alinhadas em Faixas Mineiras.

**Tabela VI.22.** Principais concessões mineiras que lavraram depósitos filonianos hidrotermais. Agrupadas por campos (C: Argas (C6), Sta. Justa (C7), Vila Mou (C8), Agueira (C9, integra o Coutos Mineiro nº 24) e faixas mineiras (F: Argas-Cerquido-Sta. Justa (F3); Alto da Bouça da Breia-Folgadouro-Campo da Corte (F4); Amonde - "Verdes" - Corredouras (F5).

NÚMERO CADASTRO MINEIRO	NOME DA CONCESSÃO	SUB(S) - ALVO	CAMPOS (FAIXAS) MINEIRAS	ANO		DIRECÇÃO	INCLINAÇÃO	POSSANÇA (m)	TEORES (Kg/t)	Principais Estruturas Veiculadoras †
				DESCOBERTA	CONCESSÃO					
623	Covas dos Mouros	W	C6 (F3)	1907	1913	N45°W	65°SE	0,2	s/ref.	vD, vCS
2663	Cavalinho	W,Sn				N45°W	65°SW	0,2	6	
2664	Lagoa	W,Sn,Au		1941	1950	N45°W	85°SE	0,2	3-6 (Sn) 12g/t(Au) 124g/t(Ag)	
803	Serra de Sta. Justa	W	C7 (F3)	1912	1918	N60°E	60°NE	0,6	2	vD,
2255	Estorãos	W,Sn		1939	1947	N45°-50°E	Vertical	0,2-0,5	s/ref.	
2465	Braçal	W,Sn		1940	1949	N15°E	Sub-vertical	0,4	10*	
2670	Gondamieiro	W,Sn,Au		1941	1950	N-S	80°W	0,3	s/ref.	
3255	Ervideiro	Sn,Au	C8 (F4)	1952	1959	N20°W	Sub-vertical	0,8-2,5	1,4g/t (Au)	b
2361	Folgadoura	Sn,Au	C9 (F4)	1940	1949	N29°W	Sub-vertical	1,2	2	vD, b
2653	Campo da Corte	W,Sn		1941	1950	N60°W	Vertical	0,1-0,4	1,5-2	
3146	Alto da Bouça da Breia	Sn,Au-Ag		1955	1957	N35°W	50°NW	0,2	97g/t (Au) 59g/t (Ag)	
1675	Corredouras	SnAu	C9 (F5)	1923	1929	N25°W	70°E	0,3	s/ref.	vD, vCS
2329	Amonde nº1	SnAu		1940	1948	N45°W	50°NE	3	s/ref.	
2223	Alto da Bouça das Freiras	Sn,W		1941	1947	N45°W	50°NE	3	s/ref.	
2303	Serra da Vila	SnAu		1941	1948	N45°W	50°NW	3	2,5	
2241	Castelhão	W,Sn	C13	1941	1947	N45°E	72°W	0,4-0,7	26-137,5 (W) 12,5- 35 (Sn)	vCS, b

† Estruturas veiculadoras - veios dilatacionais (vD), Brechas(b), veios *crack-seal* (vCS), descritos na **Tabela VI.20**. \*Teores excepcionalmente altos

## 2.1 Exploração mineira, métodos de desmonte

Os depósitos de tipo filoniano de quartzo apresentavam genericamente grande inclinação e possança reduzida (Tabela VI.22), as rochas encaixantes eram coerente e consistentes e a substância útil estava irregularmente disseminada, sob a forma de pintas, bolsadas ou em bandas.

O método de desmonte adoptado na maioria das concessões eram os *degraus invertidos*, ou testeiras, o depósito ficava acima dos mineiros, deixando o material desmontado atrás, o ataque era facilitado pela gravidade, a entivação praticamente não se aplicava e o transporte fazia-se por chaminés. Previa-se o enchimento de vazios, ainda que o *tout-venant* tivesse de ser tratado primeiramente em oficinas manuais à boca da mina.

## 2.2 Tratamento e preparação de minérios - selecção de diagramas de lavarias-tipo

Tal como na maioria dos depósitos de aplito-pegmatíticos, as oficinas de preparação de minério, ou lavarias, eram pequenas unidades com mecanismos rudimentares – geralmente manuais. Os cuidados com a beneficiação dos produtos eram semelhantes e, frequentemente, incidiam sobre ambos os minérios – cassiterite (menos vezes niobiotantalite) e volframite. As suas propriedades e dimensão determinavam o esquema de tratamento das lavarias, cujos princípios atendiam: **a)** fragmentação por fases, com preferência ciclos de diminuição em britadores, que a moinhos ou outros granuladores; **b)** classificação a anteceder cada operação de fragmentação, **c)** concentração hidrogravítica em estágios (jigas, mesas moveis e fixas).

Nas escombrelas anexas às pequenas oficinas de tratamento preliminar, os materiais mais frequentes entre e nos fragmentos quartzosos dizem respeito aos sulfuretos: pirite, arsenopirite, galena, calcopirite, blenda. A presença da arsenopirite tem alguma relevância, tanto mais se se considerarem os produtos de evolução supergénica a ela associada.

A blenda e a galena apresentam especialização aurífera, tendo constituindo minérios-alvo no passado, em esquemas de exploração integrada. Apesar de enriquecimentos metálicos diversos, a mineralização aurífera continua a ser o motivo determinante do interesse económico (Tabela VI.23). Também a identificação de combinações específicas de metais incluindo o Bi e o Te podem incrementar e viabilizar o aproveitamento económico, relançando novas acções de prospecção.

## 2.2 Acções de prospecção e pesquisa - síntese de estudos e relatórios técnicos

As potencialidades em recursos de minérios metálicos (W, Au-Ag, Bi, Pb, Zn) concentram-se nas faixas de cisalhamento (Tabela VI.22) onde a deformação, em intensidades variáveis, proporcionou a instalação de veios dilatacionais de quartzo, com mineralizações que foram alvo de aproveitamento em diversos ciclos mineiros. As acções de prospecção levadas a cabo por entidades públicas estão resumidas na Tabela VI.23.

Tabela VI.23. Acções de prospecção e pesquisa passadas dirigidas a depósitos filonianos-venulares de quartzo hidrotermal.

Ano - Período	Área	Entidade	Programa e Objectivos	Responsáveis	Técnicas e Operações	Resultados		Referencias Bibliográficas
						<i>Documentos Produzidos</i>	Evidências	
1987	Vilar de Murteda (3Km <sup>2</sup> )	DGGM - SFM	Programa 2.1 - Prospecção de minérios metálicos e radioactivos. Projecto 2.1.1 - Prospecção e inventariação de índices de W, Sn, Nb, Ta e minerais associados.	João Farinha Laurentino Rodrigues	Amostragem, radiométricas Foto- interpretação Geológica Levantamentos magnéticos e radiométricos, Amostragem geoquímica e mineralometria	Cartas radiométricas, Cartas de teores Cartas de Foto- interpretação	Interpretação geológica da anomalia magnética local de maior importância.	Relatório de actividade (1º semestre 1987) Anexos 1 a 18
1988						Cartas de variações de intensidade do campo magnético total Cartas radiométricas Cartas de teores geoquímicos, Cartas mineralométricas		Relatório de actividade (2º semestre 1987)
1990 a 1993	Faixa Bouça do Abade - Arga de Cima (Ponte de Lima).	DGGM	Programa 2.1.1 - Prospecção de Au, Ag e metais associados	João Farinha Laurentino Rodrigues	Cartografia geológica Foto- interpretação geológica.	Plantas de levantamento geológico de galerias e trabalhos mineiros antigos	-	Relatório de actividade (2º semestre 1990) Relatório de actividade (2º semestre 1991) Relatório de actividade (2º semestre 1992) Relatório final (1991-1993)
1998-2000	IGM	Laurentino Rodrigues						Geofísica electromagnética, Geoquímica de solos e sedimentos mineralometria

**3. DESCRITOR AMBIENTAL** - A intervenção localizada em períodos de maior procura internacional de minérios de W, determinava retomas mineiras, muitas das vezes desorganizadas e com descaracterização da paisagem e implicações físicas e de risco geotécnico nas áreas de ocorrência deste tipo de depósitos. A existência de sulfuretos na paragénese eleva o risco de impacte geoquímico, no entanto o desenvolvimento de paragénese secundárias parece ser um factor de estabilização da carga metálica depreciadora do meio ambiente.

### 3.1. Escavações - vestígios de desmonte e acumulação de resíduos

O carácter circunscrito destes depósitos limitava a amplitude da exploração – pelas possanças e inclinação dos filões, os desmontes eram geralmente realizados por galerias em direcção, concordantes com os depósitos e com ataque em degraus invertidos, que muito frequentemente atingiam a superfície, sem que o preenchimento se realizasse. Os riscos geotécnicos que daí advêm permanecem em muitas áreas. Os exemplos mais significativos encontram-se no campo mineiro de Sta. Justa. Do tratamento grosseiro, à boca da mina, restavam blocos de diversas dimensões, dispersos pelas áreas de desmonte superficial, correspondente aos afloramentos.

### 3.2. Tipos de gangas e evolução mineralógica supergénica

Os estéreis de maiores dimensões eram triados ainda no interior das galerias de avanço. Só se transportava o material do depósito para pequenas oficinas de triagem à boca da mina, onde ocorria a primeira fragmentação e

separação manual. A deslocação do material para lavarias de tratamento era a estrita necessária, a maioria dos fragmentos estéreis eram conduzidos para frentes onde o depósito tinha sido desmontado, mas nem sempre colmatava o espaço vazio. Os rejeitos das oficinas de preparação não eram sujeitos a nenhuma forma de aprisionamento, na lei (DL n.º18713 de 1930) era apenas exigido espaço para o despejo e o controlo das águas em circuitos fechados, minimizando o contacto dos efluentes com os cursos de água de uso público. O carácter reactivo dos resíduos nestas paragénese constitui factor de depreciação ambiental localizado. A baixa cominuição reduz a superfície específica dos blocos com sulfuretos aos agentes atmosféricos. Contudo são habituais os microambientes de evolução de neoformações minerais (Tabela VI.24) que limitam a dispersão metálica.

	PARAGÉNESES PRIMÁRIAS MAIS TÍPICAS	MINERAIS SUPERGÉNICOS
CASTELHÃO	PI>ARS>>VOLF>BL	SCO>GOE>>FARM
FULÃO	ARS>PI>BL>GAL>CALC>VOLF>>SCH>> Au+ <i>electrum</i> +ESQ+GALBIS+BISMU	GOE>SCO>BEAU-SEG>MIM>CAR> ROOS>ARSBIS>FOSG

**Tabela VI.24.** Paragénese primárias e secundárias exemplares para casos de estudo abordados no **Capítulo V.2.** Abreviaturas em índice próprio.

**4 DESCRITOR PATRIMONIAL -** Do ponto de vista geológico, os depósitos que representam esta tipologia, são territorialmente concomitantes aos do tipo aplito-pegmatítico, com íntima relação estrutural e paragenética. Esta ocorrência amplia o espectro paragenético dos depósitos e seus minérios alvo. O carácter polifásico e metalização complexa, preconizou uma mineralogia singular, muitas das vezes em cavidade, com crescimento livre, automórfico, evoluída em neoformações supergénicas, também elas com interesse mineralógico, grande diversidade de associações, formas e dimensões. Do ponto de vista cultural, o valor histórico e geopolítico que as pequenas minas de W, de depósitos filonianos, está documentado em diversos estudos sociológicos e antropológicos (Lage, 2000; Avelãs Nunes, 2001; António Vilar, 2008; Leal da Silva, 2011). Pode considerar-se que a Serra d'Arga tem equivalente paralelismo, tanto ao nível da designada “corrida ao volfrâmio” ou “*rush*”, como ao nível dos picos de produtividade e número de áreas mineiras concessionadas para o W. Desde o início do séc. XX que o registo documental das concessões mineiras, bem como os mapas de tributação no Diário do Governo, referem um aproveitamento oscilante, centrado nas décadas de 20 e 40. Este seria o resultado de lavras tanto sobre os depósitos primários como sobre eluviões. Referem-se escombrelas e escavações antigas de ciclos de aproveitamento mineiro com traça romana, confirmada por estudos arqueológicos recentes.

**Tabela VI.25.** Classes de interesse patrimonial de minas e minérios de depósitos tipo enxame venular hidrotermal.

PATRIMÓNIO		Aplito-Pegmatitos	Filões de Qz	Aluviões e Eluviões
		CAS (NbTAN)		
		VOLF (SCHE)		
		(Au-Ag)		
Identificado	Singularidade mineralógica	Lagoa -Cavalinho Estorãos		
	Interesse geológico s.s.	Mãos		
	Arqueologia Mineira	Alto Bouça Freiras	Covas dos Mouros	
Inferido (Dossiers Mineiros)	Vestígios romanos	Alto Bouça Breia	Folgadoura	Corredouras
	Vários ciclos mineiros	Cavalinho - Lagoa		Ribeiro do Salgueiro Campo da Corte
Indicado (narrativas de antigos mineiros)	“Fenómeno Social”	Castelhão	Fisga Monte da Chãozinha	Serra Santa Justa
	“Lavras”	Castelhão	Mãos	
	“Minério”	Espantar		Gondameiro

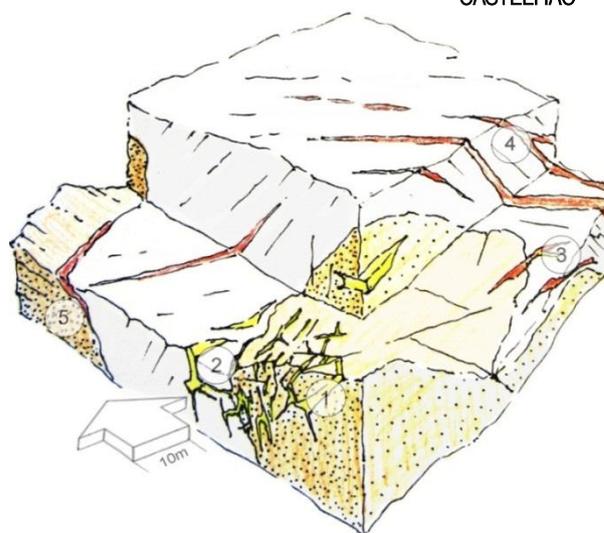
**SITUAÇÕES DE INTERFACE DE TIPOLOGIAS -** A mina de W e Sn de Castelhão lavrou sobre duas tipologias de filões: pegmatitos e veios de quartzo hidrotermal mineralizado com volframite (**Figura VI.13**). O tipo pegmatítico inclui unidades greisenizadas enriquecidas em cassiterite. O tipo filoniano, que determinou a exploração, está relacionado com uma instalação em zona de cisalhamento, com preenchimento em *crack-seal* e paragênese  $PIR \equiv MAR > ARS > W$ .

BLOCO 3D  
CASTELHÃO

**Figura VI.13.** Bloco conceptual para o tipo dos depósitos enxames venulares relacionados com zonas de cisalhamento, ilustração do depósito de Castelhão.

**SIMBOLOGIA:**

- 1 e 2 – filão de quartzo em *stockwork* mineralizado por volframite no endo-contacto granítico - metassedimento;
- 3 – filão de quartzo com transição para o pegmatito
- 4 – aplito-pegmatitos mineralizados por cassiterite;
- 5 – granito com disjunção mineralizado por planerite-turquesa.



A hipótese genética pressupõe a instalação do enxame de filões aplito-pegmatíticos condicionada pela zona de cisalhamento dextrogiro. O corredor de cisalhamento de Castelhão sinestrógiro, *tardi* D3, por modificação dos regimes de compressão máxima, controlou a instalação de veios de quartzo *en-échelon* em domínios circunscritos com forte metassomatismo (Pamplona *et al.* 2006).

As particularidades deste depósito, o controlo estrutural e a ocorrência de mineralizações de W (e Sn,) implicaram a adequação de métodos de exploração e tratamento dos minérios. A mina teve uma actividade tecnicamente pouco organizada, com grande participação popular e uma forma de tratamento peculiar na primeira fase de lavra, nos anos 40.

#### VI.2. 4. MODELO CONCEPTUAL PARA GOSSAN EM SEQUÊNCIAS METASSEDIMENTARES COM CONCENTRAÇÕES DE Fe

Na RMArga, apenas uma área de concessão mineira se dedicou a depósitos deste tipo, designada por Senhor do Socorro (Senhora do Socorro conforme a designação de Costa Moura e Silva Carvalho, 1952). É também esta a primeira área mineira a ser demarcada e cujo depósito integra a listagem de minas concessionadas, ainda segundo o enquadramento da Lei de 1852.

**1 DESCRITOR GEOLÓGICO -** Gossan designa um termo litológico de natureza supergênica, associado a zonas de alteração mais ou menos superficiais de pré-concentrações hiperferríferas possivelmente relacionadas com processos hidrotermais-exalativos integrando depósitos que se designam por BIF (*Banded Iron Formation*) ou GIF (*Granular Iron*

*Formations*). Brandt, (*cit por Augustithis, 1995*), refere depósitos de Fe associados a formações em camadas ou bandas de Fe (BIF) resultado de um dos seguintes processos de lixiviação: **1)** substituição residual dos depósitos envolvendo lixiviação preferencial dos minerais ganga, desde as camadas protolíticas, e concentrações residuais de óxidos de Fe; **2)** concentração de óxidos de Fe por lixiviação de detritos ferríferos, fora das camadas protolíticas. A ocorrência de BIF pela deposição bandada de óxidos de Fe, em suportes litológicos argílicos e siliciosos pode verificar conversão metamórfica originando xistos ferruginosos. Por outro lado, GIF refere-se aos produtos litológicos clásticos ferruginosos, eventualmente resultantes da mobilização física dos BIF, ou resultantes da precipitação de Fe simultaneamente à acumulação de sedimentos grosseiros clásticos. Os termos litológicos finais podem ser conglomeráticos constituídos em segmentos baciais pouco profundos (Pirajno, 2008).

### **1.1** Descrição metalogenética - distribuição cartográfica de depósitos

Para os depósitos desta tipologia admite-se uma origem primária exalativa, ocorrendo a inserção do Fe, na sua forma reduzida, a partir de descargas hidrotermais em centros de actividade fumaroliana, em bacias endorreicas de afinidade riftogénica intra-continental. A oxidação do Fe acontece em contacto com a água do mar para onde confluem as descargas hidrotermais ferríferas, originando a precipitação de óxidos na superfície. Oscilações na matriz litológica hospedeira relacionam-se com variações dos fluxos sedimentares e conteúdo de sílica dissolvida.

O processo supergénico final da constituição do depósito implica um conjunto de processos de meteorização, nomeadamente a meteorização química, que pode ser condicionada por fenómenos de percolação de níveis freáticos, em que os efeitos da alteração são difíceis de delimitar. A alteração que leva à concentração residual de óxidos de Fe é, muitas vezes, condicionada pela porosidade/permeabilidade da rocha, ampliando o contacto com os meios instabilizantes. Noutros casos o processo é impulsionado pela ocorrência de estruturas frágeis a partir das quais prossegue a alteração; estas parecem ter maior importância no contexto de Arga.

Aceita-se como metalotecto desta tipologia de depósitos as formações metavulcanossedimentares exalativas do silúrico, originadas em ambiente de rift intracontinental.

Na **Figura VI.14** apresenta-se o esboço geológico retirado da carta 1/200000 (Pereira, 1989), que enquadra os afloramentos observados na área de concessão do Senhor do Socorro, esboçados na carta mineira (*Dossier 115, Plano de Lavra, 1874*). À escala desta Carta Geológica, não há detalhe de observações relativas à distribuição dos níveis mineralizados, surgindo inseridos em formações metapsamopelíticas indiscriminadas da Unidade Minho Central. Reconhece-se uma associação espacial próxima e de direcção concordante com uma ocorrência de lidito no mesmo sector dos afloramentos.

No que respeita a litologias afins aos liditos, em trabalhos anteriores Dias (2012), partindo da observação de conteúdos anómalos de turmalina muito enriquecida em V, sobre litótipos do Picoto do Carvalho, propôs uma influência exalativa distal a fulcros de actividade fumaroliana, sobre este contributo metalífero singenético. Estes litótipos são típicos de ambientes redutores e, previsivelmente, são depositados em compartimentos mais profundos da bacia riftogénica silúrica.

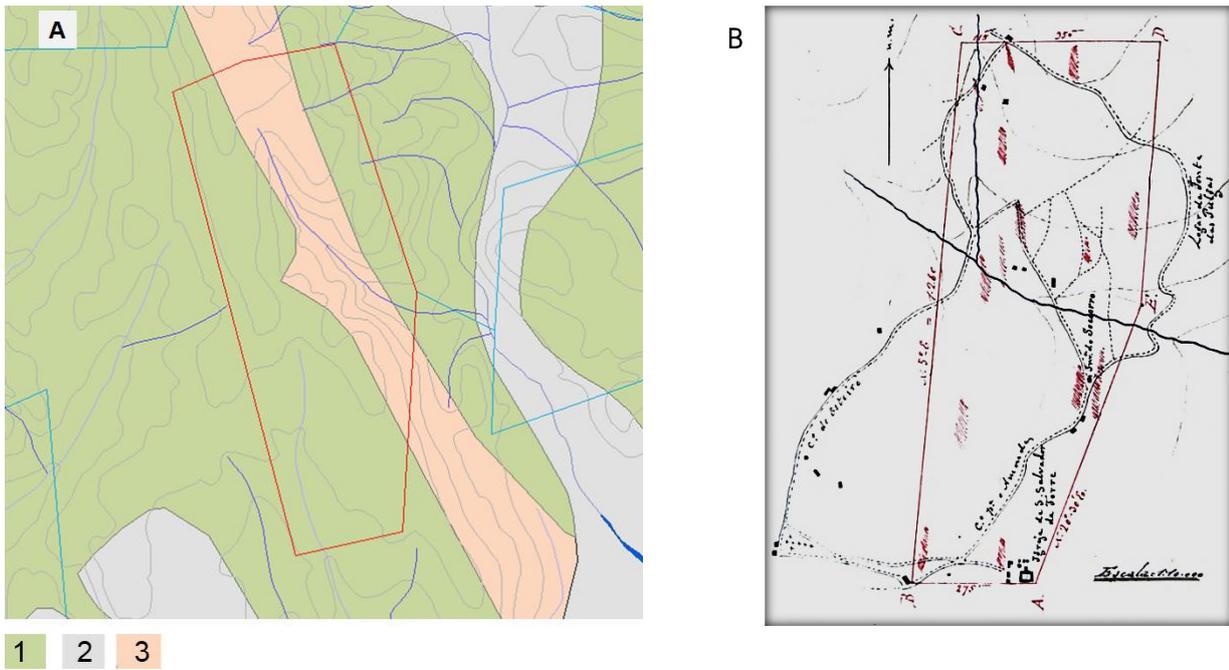


Figura VI.14. Localização da áreas de concessão do Senhor do Socorro – polígono vermelho.

- A- Extracto da carta geológica 1/200 000, Folha 1 (Pereira *et al*, 1989). SIMBOLOGIA: 1 – Unidade Minho Central: pelitos, psamitos, skarnitos, vulcanitos, xistos negros; 2 – Aluviões; 3 – Unidade Minho Central: lilitos.
- B- Mapa de demarcação anexo ao “Relatório sobre o reconhecimento da mina de Ferro do Sitio do Senhor do Socorro, lugar da Pica, Freguesia de S.Salvador, concelho e distrito de Vianna do Castelo” por Francisco Ferreira Roquette (1874). NOTA: As manchas vermelhas distribuídas pelo polígono de demarcação, constituíam afloramentos do depósito pesquisado.

Na representação em planta, a comparação dos dados da carta mineira e geológica 1/200 000, percebe-se que o lilito estará no núcleo de uma charneira de dobra da 3ª fase Varisca. Na Figura VI.15 propõe-se um esquema interpretativo sobre a evolução de depósitos deste tipo, baseando-se a representação nos afloramentos observados na área de concessão do Senhor do Socorro. Em corte a sua configuração assemelha-se à representada na Figura VI.15 C. Na estratigrafia actual, o lilito estaria a topo dos níveis mineralizados.

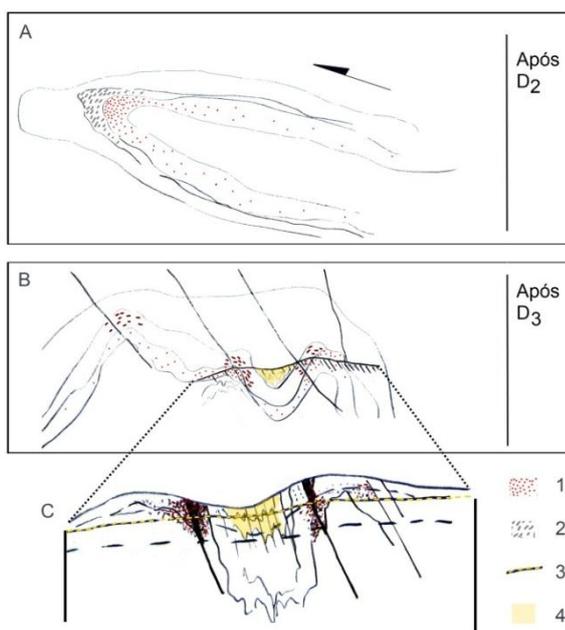


Figura VI.15. Esquema interpretativo da evolução de depósitos de Fe gossanizados, ilustrando-se o dobramento em bainha (dobras de plano axial sub-horizontal) na fase D2 dos níveis hiper-ferríferos concentrados no Silúrico.

- A- dobramento isoclinal subsequente em D3, constituindo-se dobras de plano axial vertical
- B- por fim a sua alteração supergênica facilitada pela percolação de fluidos meteóricos em estruturas prévias
- C- detalhe de B, com definição de um nível de erosão

**SIMBOLOGIA:**

- 1/2 – Níveis hiper-ferríferos bandados a clásticos;
- 3 – Nível de erosão;
- 4 – Lilitos (metassedimentos mais competentes).

O desenvolvimento deste tipo de depósitos culmina na exposição dos materiais a processos de erosão e meteorização – facilitados por fracturas – promovendo a neoformação de óxidos e hidróxidos de Fe e posterior silicificação.

## 1.2 Relação tridimensional do depósito-tipo com o encaixante

A organização litológica e estrutural da ocorrência do Senhor do Socorro apresenta-se numa redução em bloco diagrama para a ilustração do depósito. Está representada uma ocorrência de Fe em que a rocha mineralizada poderá ser metassedimentar psamopelítica, descrito como “*xistos argilosos, por vezes tão decompostos que constituirão argilitos*” e ainda fácies de aparência brechoide descritas como “*conglomerados impuros ferruginosos muito ricos em quartzo*”.

Na fase D2 Varisca – os materiais vão ser transportados segundo falhas de cavalgamento. Em D3 ocorre a verticalização das estruturas em regime compressivo (estruturas em antiforme e sinforme) e, simultaneamente, o desmembramento e a compressão diferencial dos leitos mineralizados e encaixantes.

BLOCO 3D  
SENHOR DO SOCORRO

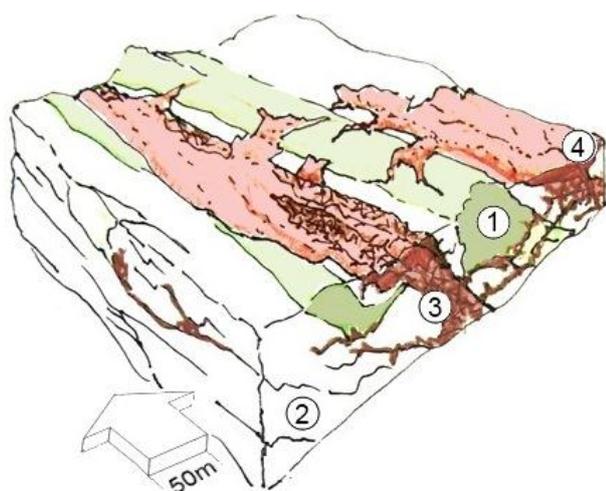


Figura VI.16. Bloco diagrama de zonas de alteração oxidativa (gossan) em sequências metavulcanossedimentares – área do Senhor do Socorro.

### SIMBOLOGIA:

- 1- Formações meta-psamo-pelíticas com leitos de afinidade exalativa;
- 2- Formações meta-pelíticas com intercalações de leitos felsíticos;
- 3- Brecha de gênese polifásica;
- 4- Mineralização crustiforme de óxidos de Fe supergênica (MAG, MAR, HEM, GOE)

## 1.3 - Expressões mineralógicas, paragénesis, morfologia e dimensões - quadros síntese

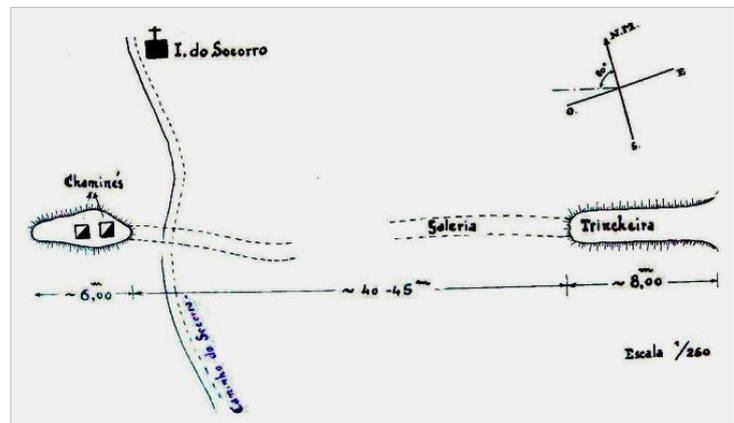
A martite, goethite e a limonite constituem os óxidos-hidróxidos mais abundantes, evoluídos de óxidos de Fe que integram a paragénesis primária – magnetite e hematite – segundo a reacção  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{FeO}(\text{OH})$ .

Os minérios alvo seriam óxidos e hidróxidos de Fe impuros, que ocorreriam sob a forma de hematite, goethite, magnetite, limonite. Em alguns afloramentos notar-se-ia uma simples impregnação dos xistos até à substituição completa da rocha pelo minério de Fe, representando aí alguma espessura. Outra forma sob a qual era descrito o minério diz respeito ao aspecto vítreo, atribuído a limonites silicificadas, ligadas a argila. Aquelas observações apoiam a hipótese de se tratar de BIF ou GIF de acordo com as atribuições acima consideradas.

**2- DESCRITOR TÉCNICO** - O jazigo foi descoberto em 1874 por José Pereira Vianna, Conductor Auxiliar da Direcção de Obras Publicas de Viana do Castelo. Segundo o enquadramento legal vigente - a **Lei de Minas de 31/12/1852** - foram atribuídos os direitos de descoberta e a concessão provisória da área a uma sociedade constituída para a circunstância.

Pelo relatório de reconhecimento sabe-se que o trabalho de pesquisa sobre o depósito aflorante foi feito por meio de valas. Algum material terá sido extraído e exportado, existindo um pedido de autorização deferido pela Junta Consultiva. O processo não seguiu o curso habitual, não passou a concessão definitiva, por desinteresse do concessionário requerente da concessão provisória. Em 1884 foi declarada mina abandonada, passando a campo livre.

Em 1936 a concessão abandonada é adjudicada a Sebastião Ferreira Mendes, realizando-se por esta altura alguns trabalhos de desmonte superficiais (trincheiras) e em subsolo (galeria) - conforme consta no croqui realizado aquando da inspecção dos trabalhos e reproduzido na **Figura VI.17**. A produção declarada no ano de 1938 terá sido de 10.000 kg de hematite, com 52% de Fe (**Bol. Minas, 1940**).



**Figura VI.17.** Esquema de localização dos trabalhos realizados pelo concessionário Sebastião Ferreira Gomes, em 1938, ANEXO III "Informação sobre a visita de inspecção realizada à mina de Ferro, denominada "Senhor do Socorro" - Freguesia de São Salvador (VNC).

**3- DESCRITOR AMBIENTAL** - Sobrepondo a área de concessão cujo depósito se enquadra nesta tipologia - Mina de Fe do Senhor do Socorro - e a cartografia de ocupação do solo, à escala 1/25 000, destacam-se as áreas dedicadas ao tecido urbano e às actividades agrícolas e de pastorícia. Predomina, contudo, no perímetro da antiga área concessionada a presença florestal (**Figura VI.18**).



**Figura VI.18.** Extracto da Carta de ocupação do Solo - COS2007. Localização da área de concessão do Senhor do Socorro - polígono vermelho.

**SIMBOLOGIA:**

- 1- Vias de Comunicação;
- 2 - Tecido Urbano;
- 3 - Áreas agrícolas heterogéneas;
- 4 - Culturas temporárias;
- 5 - Florestas;
- 6 - Rio Lima.

Pelo cruzamento de informação cartográfica, pode reconhecer-se a sobreposição de áreas de concentração de óxidos de Fe em afloramentos e pontos de captação e armazenamento de água – poços e tanques. Também o tecido urbano, mais ou menos descontínuo, ocupa parte das manchas aflorantes do depósito. A natureza do depósito pode sugerir implicações ambientais, nomeadamente nas captações de água. Não foram observadas escorrências ou precipitados ocre, na área visitada. O estudo, para esta área não contemplou uma averiguação hidrogeoquímica – avançando a importância deste estudo no futuro.

**4- DESCRITOR PATRIMONIAL -** A concessão do Senhor do Socorro testemunha o primeiro depósito com registo de descoberta na RMArga no ano de 1874. É a 115ª mina a ser concedida em Portugal, desde que a indexação das concessões mineiras se iniciou no ano de 1836. O acervo documental desta concessão por aquele motivo apresenta valor historiográfico, incluindo vários documentos relativos aos primeiros regimes e disposições da administração mineira.

**SITUAÇÕES DE INTERFACE OU TERMOS DA TIPOLOGIA -** O modelo que se apresenta para depósitos de Fe, do tipo gossan em sequências metassedimentares, pode alargar-se a outros índices dispersos na RMArga, na dependência de cisalhamentos evoluídos de sulfuretos em filões de quartzo mineralizados em W, Au (Ag), Pb, Zn. As associações mineralógicas supergénicas contêm, além do cortejo descrito [MAG, HEM, (MAR), GOE, LIM], ainda SCOR, MIM, CAR, BEUD, entre outros arsenatos e fosfatos de Cu, Pb e Zn evoluídos da paragénese primária. Também os depósitos de tipo metassomatitos, com concentrações metalíferas de W, Bi, Te e Au, em associações protolíticas vulcanogénicas, ou de tipo SEDEX, nomeadamente nas áreas da Cerdeirinha e Lapa Grande, mostraram afloramentos com espessura variável muito gossanizados, que terão sido, no passado, na sua maioria desmontados em explorações furtivas.

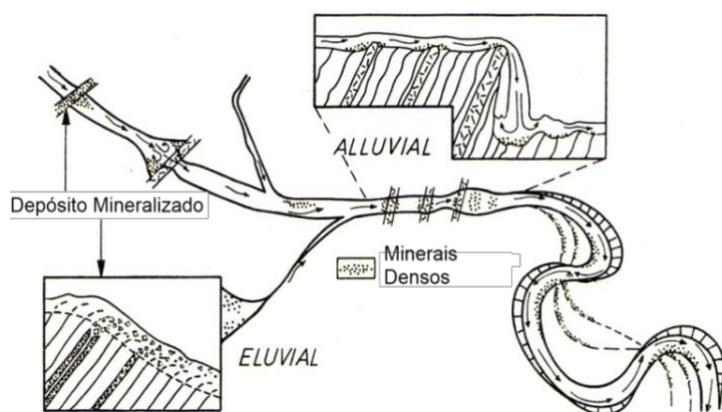
#### VI.2.5. MODELO CONCEPTUAL PARA DEPÓSITOS TIPO *PLACER*, COM CONCENTRAÇÕES DE Au, W, Sn, Ta, Nb, Ti

---

Generalizadamente, a primeira fase das lavras mineiras passadas na RMArga incidiam sobre depósitos de tipo *placer* (aluviões e eluviões). O relevo e configuração das sub-bacias hidrográficas quer do Lima, quer do Minho e Âncora determinaram o elevado um aprisionamento detrítico. Outrossim os encaixes rochosos dos cursos superiores do Âncora, do Ribeiro de Arga, de São João, ou da Fisga (cursos de regime torrencial), mais pronunciados nos substratos graníticos ou de contacto proporcionam zonas de convergência e aprisionamento muito eficazes para os sedimentos densos.

**1- DESCRITOR GEOLÓGICO -** Os movimentos compressivos actuais, ligados ao início da subducção Atlântica (Ribeiro, 1982) produzem o levantamento da Meseta Norte e a reactivação do soco Varisco na parte correspondente à Cordilheira Central e ao seu bordo Sul. Originam estruturas de ressalto *pop-up* (Ribeiro, 1988), com formação de *grabens* e *horsts*, condicionando o entalhe dos afluentes dos rios principais, drenando os depósitos Terciários com concentração de minerais pesados.

O princípio da concentração metálica em *placers* é gravítico, os minerais de elevada densidade vão sendo aprisionados em zonas de convergência e aprisionamento, destacando-se do fluxo de massa dos materiais transportados, geralmente na presença de água. A ocorrência destes depósitos depende da existência de relevos irregulares, marcados por redes hidrográficas densas. Em qualquer dos quadrantes d'Arga podem reconhecer-se essas características da paisagem, a que se associa uma grande diversidade litológica com erosão diferencial. Os metassedimentos Silúricos, altamente deformados, fornecem grande parte do material detrítico de *background* - em fluxos sedimentares do tipo *creeping*. A elevada fracturação daquelas formações e dos próprios maciços graníticos fornece o material transportado por movimentos de massa, mais ou menos dependentes da intervenção da água. A **Figura VI.19** ilustra formas de evolução/deposição/ concentração detrítica em cursos d' água.



**Figura VI.19.** Ilustração da formação de *placers* (Amstutz,1971).

Os aluviões dizem respeito a depósitos detríticos de transporte, acumulados geralmente ao longo de cursos de água e em bacias de retenção, em planícies ou mesmo planaltos (ex. cumeada secundária oriental da Cumieira na RMArga). Os eluviões são depósitos residuais, próximos da fonte, o depósito primário, que sofreram reduzido transporte (ex. dos eluviões de Fonte Nova na encosta Norte do Rio Coura, Alto do Gorito).

Os afloramentos aplito-pegmatíticos e greisens representam as fontes primárias dos depósitos *placer* estaníferos. Os depósitos primários de volframite (e ouro) estão relacionados com filões de quartzo hidrotermal, além dos níveis mineralizados dos metassedimentos Silúricos, responsáveis pelo aporte mais significativo da fracção scheelítica ou, pontualmente, ferberítica (pseudomórfica, ex. Rio Coura).

### 1.1- Distribuição cartográfica de depósitos e áreas mineiras

Consideram-se depósitos de tipo *placer* aqueles cuja génese se relaciona com processos exógenos, de superfície ou sedimentares, de acumulação mecânica por selecção ou separação gravítica natural de minerais densos e resistentes. Slingerland e Smith (1986) definem *placers* como depósitos de grãos - detríticos ou residuais - que terão sido concentrados por agentes mecânicos, com minerais de grande resistência físico-química que procedem do dismantelamento de afloramentos de depósitos primários, ou ainda zonas pré-enriquecidas, nas quais os Autores consideraram, por exemplo, as áreas mineiras. Na Serra d'Arga os depósitos residuais são essencialmente alóctones, de transporte detrítico, localizados acima do perfil topográfico. Em alguns planos de lavra de depósitos eluvionares surge a terminologia de "aluvião autóctone", considerando-se que este praticamente não sofreu transporte, com cristais de cassiterite euédricos e faces brilhantes. O mesmo para os niobiotantalatos.

Os vales fluviais largos, onde a velocidade da água decresce favorecendo a deposição de material, são propícios à formação de extensos e volumosos aluviões, como ocorre a Sul do maciço d'Arga, no vale do Lima (**Figura VI.20 - A**),

exemplo do campo mineiro de Meixedo-Vila Mou. A sua formação origina a elevação do fundo dos rios e a variação do leito, ocupando sucessivas posições condicionadas pelos limites topográficos do vale encaixante. Ainda na bacia do Lima, uma zona característica desse encaixe topográfico, com *placers* estaníferos que não foram objecto de intervenção extractiva no passado, diz respeito ao alvéolo de Bertandos, confinado pelo maciço granítico de Sto. Ovídeo (Figura VI.20 - F). A respeito desta área Soares Carneiro (1971) e Cruz Moreira (1973) referiram importante potencial estanífero. A sua configuração actual resulta de uma forte dinâmica estrutural a que estão associados fenómenos de perda de massa (Freitas, *et al.*, 2005).

Na Figura VI.20 foram delimitadas áreas em que se pode associar os depósitos-tipo da RMArga e os *placers* (A e B), (C e D) e (E). Os depósitos primários responsáveis pela maioria dos aluviões e com maior importância produtiva no passado (A e B) são os aplito-pegmatitos com mineralizações úteis de Sn, Ta e Nb. As áreas B dizem respeito a uma faixa de exploração dedicada, sobretudo, aos niobiotantalatos com percentagem menor de cassiterite.

Aos *placers* C estão associados filões de quartzo hidrotermal em zonas de cisalhamento. Tratam-se geralmente de eluviões de volframite, com índices de Au-Ag (possivelmente associados a sulfuretos dos depósitos primários). O caso exemplar é a faixa mineira Argas - Cerquido a NE, mas também se pode referir a faixa de Amonde-Verdes, a SW.

Depósitos Sn-Au (D) referem-se a concentrações pontuais em marmitas de gigante, no curso superior do Rio Âncora, de regime torrencial e leito fortemente encaixado.

*Placers* do tipo E referem-se a concentrações de óxidos de Ti (vulgo areias negras), em aluviões da planície fluvial do Lima. Na RMArga refere-se a apenas a uma área de concessão, em que o minério era a ilmenite, concentrado em níveis pouco espessos, entre areias e cascalho.

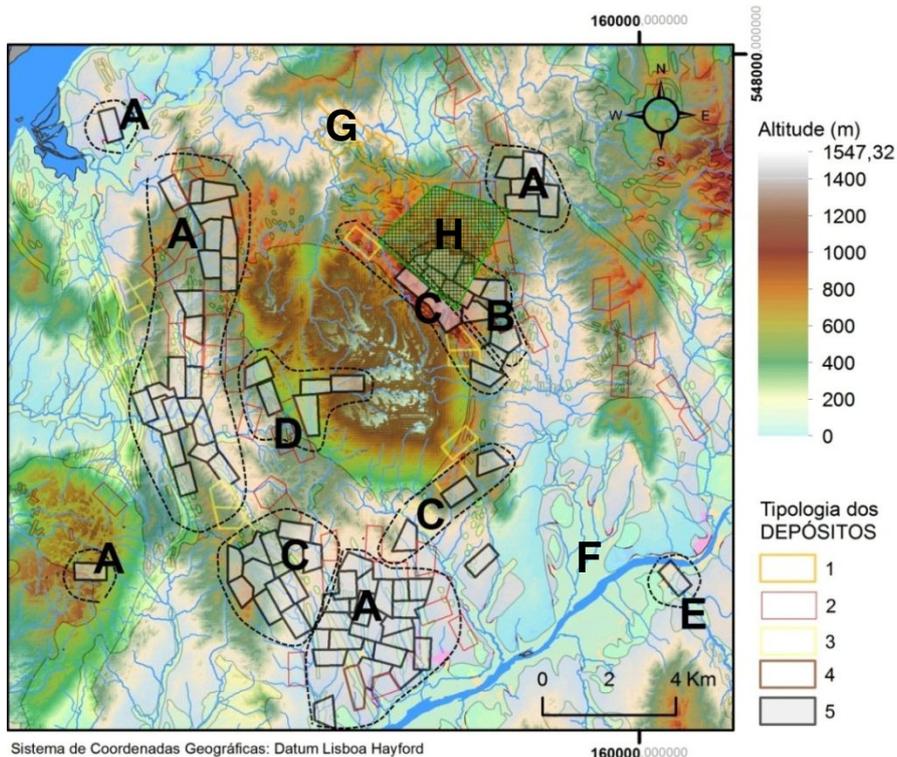


Figura VI.20. Mapa hipsométrico e hidrográfico sobre a carta geológica 1/200000. Demarcação das áreas de concessão mineira com lavra não exclusivamente sobre aluviões. Tipologia de depósitos explicitada no texto. O polígono verde H representa a área ilustrada na Figura VI.21.

#### SIMBOLOGIA:

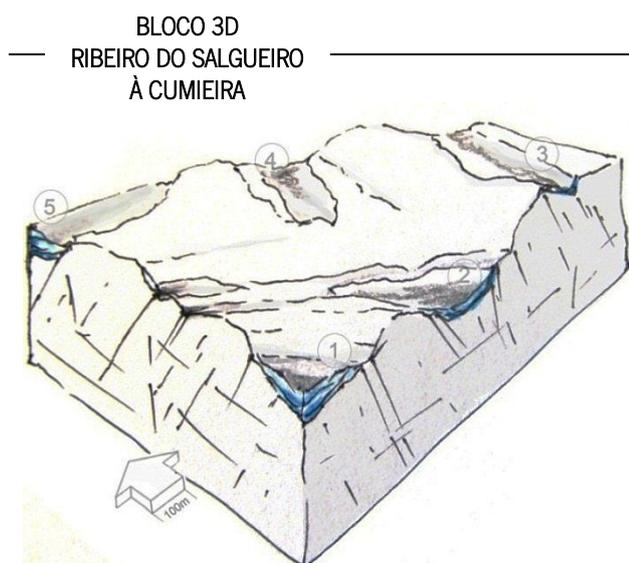
- A e B - Aluviões de CAS e NbTAN ( $\pm$ VOLF), na dependência de aplito-pegmatíticos;
- B - Aluviões de NbTAN maioritariamente;
- C - Eluviões de CAS, NbTAN, VOLF e Au na dependência de zonas de cisalhamento;
- D - Aluviões de CAS e Au, concentrações pontuais em marmitas de gigante, em cursos torrenciais com Au;
- E - Aluviões de ILM;
- F - Alvéolo estanífero de Bertandos.
- G - Placers e zonas de concentração pontual de FERB (e Au) no Leito do Rio Coura.

A Norte do Maciço d'Arga, na zona do Domo de Covas apenas uma mina de Sn-W lavrou exclusivamente em eluviões estreitos e confinados a cursos de água afluentes da Ribeira de João (tributário do Rio Coura). Existiam, ainda,

nesta área muitos outros depósitos detríticos associados ao chapéu de Fe, que não foram concessionados. Esta exploração teve uma grande importância local, muito embora não esteja documentada, sabe-se, segundo testemunhos orais, que prevaleceu na década de 40 e com esta a intensa exploração de ferberite (pseudomórfica, vulgo piões) no leito do Rio Coura, entre Covas e a foz da Ribeira de João. Neste troço estão documentados registos de manifesto para a pesquisa de ouro (PL, 1953 – Dossier n.º 2944, Valdarcas).

### 1.2 Relação tridimensional de depósitos-tipo

Tentando representar a diversidade dos depósitos de acumulação detrítica e os seus encaixes estruturais, apresenta-se o bloco diagrama da **Figura VI.21**, com localização aproximada no polígono H da **Figura VI.20**. Pretende-se ilustrar generalizadamente os fenómenos de acumulação que ocorrem no planalto da Cumieira, onde a carga detrítica sofre aprisionamento em compartimentos originados por sistemas *horst-graben*. Abrange aluviões do tipo A e B – Chelo e Cumieira, tipo C e D – Ribeiro do Salgueiro à Junqueira, Arga de Baixo e Ribeira das Pombas (designações da **Figura VI.20**). As discontinuidades estruturais, elas próprias na base dos depósitos hidrotermais, determinam encaixes meso-escalares onde os cursos de água são permanentes (3, 4 e 5 na **Figura VI.20**) ou sazonais (1, 2) inscritos em planaltos.



**Figura VI.21.** Bloco conceptual para zonas de acumulação detrítica de minerais densos – tipo *plácer*. Superfície indicada na **Figura VI.20**, com um polígono verde, preenchimento em grelha.

#### SIMBOLOGIA:

- 1 - Ribeiro do Salgueiro à Junqueira
- 2 - Cumieira
- 3 - Chelo
- 4 - Arga de Baixo
- 5 - Ribeira das Pombas

Cada uma destas bacias de captação dos sedimentos e concentração de minérios possui configurações e capacidade de retenção diversificada. A forma e dimensão dos depósitos residuais – eluvionares – dependem do depósito primário que lhe deu origem. Nos depósitos aluvionares o principal factor condicionante é a topografia que determina transporte e acumulação de minerais densos. Apenas pelos seus minérios e granulometria a distinção dos dois tipos de depósito pode ser difícil, recorrendo-se para isso a estudos de geologia regional, na definição das fontes primárias, dos trajectos de transporte e zonas de acumulação.

### 1.3 Expressões mineralógicas, morfologia e dimensões dos grãos

Os depósitos de tipo *plácer* da RMArga são constituídos essencialmente por oxi-hidroxidos de Fe, ilmenite, cassiterite, volframite, niobiotantalatos, zircão, ouro nativo ou *electrum*, entre outros minerais do background regional –

que podem incluir minerais típicos dos metassedimentos como anfíbolos, piroxenas, andaluzite, granada, etc. Por seu turno, os minerais que decorrem de granitóides incluem sobretudo quartzo, turmalina, rútilo, ilmenorútilo, etc. A granulometria e morfologia dos minerais dos eluviões e aluviões são distintas: eluviões são constituídos por grãos mais angulosos e muitas vezes agregados em matrizes argilosas. Em aluviões os calibres dos minerais são mais homogêneos, as faces arredondadas e as dimensões menores, devido ao transporte, geralmente hídrico.

A **Tabela VI.26** apresenta algumas destas características, associando ainda teores médios, indicados em relatórios técnicos das concessões. A título de exemplo, nos planos de lavra das concessões de Corredouras, Orbacém e Corzes, na vertente ocidental da RMArga, referia-se a variação das dimensões da cassiterite mediante os seguintes termos comparativos: “pó”, “avelãs” e “nozes”.

**Tabela VI.26.** Expressões mineralógicas dos minérios de depósitos do tipo *placer* (características referidas em Planos de Lavra)

METAIS	TIPO DE DEPÓSITO <i>PLACER</i>	ABREVIATURA	DENSIDADE	MORFOLOGIA DOS GRÃOS	DIMENSÕES DOS GRÃOS	TEORES MÉDIOS LOCAIS
Sn	Aluviões Eluviões	CAS	6,8	(arredondada angulosa)	mm - cm*	4 - 1,5Kg/t
Nb-Ta	Eluviões	NbTAN, TAP	5,3 6,5	tabular (angulosa)	mm - cm	0,1 - 1Kg/t
W	Eluviões Marmitas de Gigante em cursos de regime torrencial	VOLF FERB (pseud)	7,5	tabular octaédrica (angulosa)	mm - cm	4 - 2,5 Kg/t
(Au-Ag)	Eluviões Marmitas de Gigante	Au nativo <i>electrum</i>	15-19 12-16	laminar pepitoide	mm	6 - 278 g/t (Au) 7 - 56 g/t (Ag)
Ti	Terraços fluviais	ILM	4,5	lamelar	mm	100Kg/t

**2- DESCRITOR TÉCNICO** - Cerca de uma centena de concessões mineiras lavrou sobre depósitos tipo *placer*, mas não exclusivamente. Só uma pequena percentagem (**Tabela VI.27**) explorou unicamente aluviões, eluviões e concentrações pontuais em leitos de regime torrencial.

**Tabela VI.27.** Concessões Mineiras que lavraram exclusivamente depósitos detríticos, indicam-se o tipo de depósitos a que estas minas se associam, correspondendo eventualmente ao depósito primário (Simbologia empregue na **Figura VI.20**). Número de Cadastro Mineiro, Coutos Mineiros onde se integravam as referidas concessões. Espessura das camadas e teores são referidos em PL e RRM

NÚMERO	NOME	COUTOS*	ANO		DEPÓSITO PRIMÁRIO	MINÉRIO	ESPESSURA DAS CAMADAS	TEORES INDICADOS
			DESCOBERTA	CONCESSÃO				
979	Lugar de Dem	CM6	1918	1920			variável	0,5 - 2,3 kg/t
1558	Senhora das Neves nº3	CM24	1923	1926	2	CAS	variável	baixo
1602	Junqueiro		1925	1927/37**			2 - 3m	3 kg/t
1787	Aguieira nº4	CM51	1928	1930	3		0,8 - 3m	1,3 - 3,3 kg/t
1928	Rio Âncora		1933	1936		CAS Au	pouco espesso e irregular, <i>marmitas de gigante</i>	3 - 4 Kg/t CAS 3 - 12 g /t Au (pepitas: 1,5 e 1 mm)
1929	Rio Âncora nº 2	CM30			2	CAS Au	<i>marmitas de gigante</i> largas e fundas	0,9 - 2,8 Kg/t CAS 5 - 13 g/t Au
1933	Pedrulhos nº 2		1934	1937		CAS Au	variável	1,3 - 3,3 kg/t
2225	Bouça da Agueira nº 2	CM51	1941	1947	3	CAS	0,4 - 0,6m	1,8 - 2,7 kg/t
2260	Junqueiro nº 2		1943	1945	2	NbTAN	1m	2kg/t
3205	Campo Raso		1953	1958		ILM	3 - 5m	100Kg/t
3397	Cabeço do Meio-Dia		1954	1966	5	WSn	<0,4m	4Kg/t Mistos (1973)
3434	Cerdeirinha nº 2	CM58	1955	1968			<0,4m	2Kg/t Mistos

\*CM6 - Couto Mineiro de Dem; CM24 - Couto Mineiro de Gondar; CM30 - Couto Mineiro de Traz Âncora; CM51 - Couto Mineiro da Agueira; CM58 - Couto Mineiro de Valdarças; ( ) Minas que não integram Coutos Mineiros. \*\*mina de Junqueiro foi abandonada em 1928 e concessionada em 1937

O facto de algumas delas integrarem coutos mineiros com minas sobre depósitos primários, justificava que fosse feito o pedido de concessão das áreas aluvionares próximas, mesmo que pouco extensas ou de teores baixos. Para estas eram destacados alguns trabalhadores de outras minas onde a concessionária estivesse a operar, o aproveitamento de aluviões era muito relativamente pouco apurado, reservando-se a classificação fina às lavarias-sede.

A lavra nestas concessões tinha carácter sazonal – geralmente de Outubro a Maio – já que, tanto o desmonte como tratamento – *in continuum* – exigiam cursos de água permanentes e com algum caudal.

## **2.1. Aproveitamento mineiro - desmonte e tratamento**

Os *placers* estaníferos eram considerados de fácil aproveitamento (Cruz Moreira, 1973). Por essa razão eram recorrentemente explorados, apesar de terem sido alvo das primeiras lavras mineiras antigas (romanas) e, bem assim, muitos possuíam teores baixos. As evidências de lavra sobreposta são actualmente pouco auscultáveis no terreno, uma vez que os resíduos (escórias e escombreira) constituíam eles próprios alvo de exploração posterior.

A esse respeito, vários Autores referem a presença e actividades mineiras romanas na Serra d'Arga (Carvalho e Ferreira, 1954; Lopes, 2003; Martins, 2008) ainda que os seus vestígios sejam pouco expressivos. Estudos com base em *dossiers mineiros* de concessões abandonadas (Lima, 2006; Alves, 2007, 2008;) referem descrições, plantas e perfis de escavações atribuídas às lavras romanas com objectos associados às suas práticas mineiras.

Em determinados planos de lavra (ex. PL, 1941 – Dossier de Cova dos Mouros), referem-se galerias, trincheiras e escombreiras com blocos soltos ricos em volframite atribuídas a explorações antigas. Estas ocorrências eram as primeiras a ser aproveitadas pela concessionária. As escavações atribuídas àquela lavra, depois de inspeccionadas e reconhecidas as possibilidades do seu desenvolvimento, eram exploradas ou regularizadas com estêreis. Pode considerar-se que os depósitos detríticos que não foram explorados na antiguidade, seriam aqueles com muito baixos teores nos minérios-alvo ouro e cassiterite, ou os que se apresentavam muito “contaminados” em minerais, que então não representavam qualquer interesse, como a volframite. Assim, as primeiras lavras mineiras do séc. XX vieram a incidir sobre depósitos remanescentes das lavras ancestrais, que apesar do baixo teor, apresentavam-se ricos em mistos cassiterite+volframite e ainda niobiotantalatos. O seu aproveitamento também era, quase sempre, feito de forma integrada com o depósito primário.

Na exploração de *placers* os métodos eram rudimentares, por arranque de “talhões”. As operações incluíam o levantamento de “terras”, divididas em talhões, o seu aproveitamento/tratamento e a reposição da terra vegetal de cobertura. A escavação era manual, com pás e enxadas, raramente picaretas.

O tratamento era feito em simultâneo com o arrancamento de terras, era manual ou em engenhos designados de *sluices*, que acompanhavam o levantamento das “terras dos talhões”. Os *sluices* eram constituídos por uma série de canais de madeira ligados ou assentados uns aos outros. A colocação ou montagem do *sluices* era feita imediatamente a seguir ao “talhão” que estava a ser arrancado, sendo o transporte do material geralmente manual. O apuramento no *sluice* era simples e rudimentar e usava a água que surgisse na frente de desmonte.

Refere-se em algumas concessões (PL,1920 – Dossier de Dem) que se empregavam “modernos processos de lavagem automática em aparelhos rotativos de tipo *concentrador rotativo*, com capacidade para 3ton de *tout-venant* por hora”. Três décadas depois, refere-se em lavarias com sistemas “*trommel – jiga – mesa oscilante*”, a produção de 25ton de *tout-venant* por 8h de trabalho. (PL, 1954 – Dossier de Balsas).

Quando o teor do material era significativo, os concentrados retidos entre os *riffes* eram recolhidos e novamente apurados em lavarias com “buchas” e mesas oscilantes. Em tratamentos mais específicos, como a concentração de niobiotantalatos, era referida a separação electrostática em Separadoras fora das áreas de concessão (p. ex., PL, 1944 - Dossier de Junqueiro).

Em minas cuja paragénese incluía maior quantidade de argilas e minérios de elevada disseminação e baixo calibre, tais como a mina da Lapa Grande, o apuramento era processado em lavaria mecânica, incluindo um tratamento prévio com uma sequência de classificação nos calibres 10mm, 5mm, 2mm e 1mm. Os intermédios eram tratados em buchas manuais ou jigas e os finos em mesas oscilantes. Os grosseiros eram escolhidos manualmente e o rejeitado sujeito a nova classificação e concentração. No tratamento destes minérios de depósitos com elevada individualização das fases não intervinham operações de fragmentação, diminuindo substancialmente o investimento no tratamento. Sendo as gangas mais volumosas e de minerais leves (silicatos argilosos), predominam processos de concentração hidrogravítica como a jigagem e lavagem em mesas oscilatórias. A beneficiação compreendia ainda desengrossadores mecânicos (ex. Lapa Grande e Cerdeirinha). A concentração propriamente dita (em jigas e/ou mesas) podia incluir outros processos de concentração, mediante a existência de subprodutos como o ouro (neste caso utilizando placas de Cu amalgamado) ou como os niobiotantalatos (com separação electrostática).

### 2.3. Acções de prospecção e pesquisa - síntese de estudos e relatórios técnicos

Os primeiros manifestos mineiros e acções de pesquisa para pedido de concessão de depósitos do tipo *placer*, não exclusivos, datam da primeira década do séc. XX e respeitam às minas de W de Ribeiro do Salgueiro, Cova dos Mouros, Tapada Gesteira e Cavalinho (Bol Min, 1913).

Em 1980, tal como se indica na Tabela VI.28, a CMN pede investigação ao SFM na tentativa de reatar a lavra nas concessões de Nb-Ta, que no passado haviam lavrado sobretudo em aluviões e eluviões.

Tabela VI.28. Acções de pesquisa e prospecção dirigidas a depósitos de tipo *placer* na RMArga.

ANO - PERÍODO	ÁREA	ENTIDADE	OBJECTIVO	RESP.	TÉCNICAS E OPERAÇÕES	RESULTADOS		REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
						Documentos produzidos	Evidências	
1980-1983	Minas Concessionadas ao Entrepósito Mineiro do Minho e à MIPOLI	DGGM – SFM a pedido da CMNorte	Comprovar razões de suspensão de lavra de minas de NbTAN	Adalberto Dias de Carvalho	Levantamento geológico de galerias abandonadas; Amostragem de roços; Mineralometria; DRX; Geoquímica.	Plantas de galerias Análises de Ta Nb, Sn. Relatórios de mineralometria.	Inconclusivo por falta de apoio analítico laboratorial	Dias de Carvalho (1986)

**3 DESCRITOR AMBIENTAL** - o impacte verificado no momento de lavra é muito distinto do que possa subsistir actualmente. O contraste entre estes momentos é para o caso dos *placers* o mais evidente. Em momento de lavra activa, a intervenção em aluviões implicava elevada mobilização de terreno, criando-se desniveis topográficos não superiores a 3m, mas com grandes extensões de 20 ou 30m – conforme indicação nos planos de lavra. As terras aráveis eram conservadas separadamente e estava prevista a sua reposição, o que geralmente só acontecia após intimação da CMNorte. Ainda, sobre estes depósitos desenvolveram-se massivamente lavras furtivas, muito rudimentar e desordenadas que modelaram a paisagem e ainda hoje subsistem marcas.

Nos depósitos com grande quantidade de argilas – caso de eluviões e chapéus de Fe – na sua exploração, toda a rede hidrica a jusante era afectada, muito embora existissem práticas de contenção de lamas e águas turvas em tanques de decantação ou valas feitas para o efeito. No caso dos eluviões a decantação era mitigada dado o carácter pouco reactivo dos sólidos suspensos. No caso dos chapéus de Fe – as chamadas “jorras” – prevaleciam muito tempo em suspensão e, dado o carácter reactivo, depreciavam muito a qualidade da água motivando reclamações à CMNorte.

Por outro lado, em alguns casos, nomeadamente nas minas da Agueira, as lavras em aluvião eram indicadas como factor de promoção de solo arável, uma vez que a cobertura vegetal era estreita a inexistente. Isto sucedia em zonas de vertente granítica pouco acentua, onde os cursos de água – perenes/sazonais - eram explorados.

Na **Tabela VI.29** ilustram-se alguns casos considerados exemplares do tipo de acumulação de terrenos no decurso das lavras de *placers*, (geralmente retratados ou relavados e, portanto, nem sempre se pode estabelecer uma configuração-tipo). O carácter sazonal da produção atenuava as formas de acondicionamento mais instáveis. As formas ilustradas foram deduzidas das descrições em planos de Lavra nos *Dossiers* das minas discriminadas.

**Tabela VI.29.** Tipos de acumulados estéreis, decorrente de lavra sobre *placers*, características a considerar, exemplos e impacte actual associado.  
\*Não se indica a escala já que esta varia de mina para mina, dentro de cada tipo. O sentido das setas indica o deslocamento preferencial de queda dos materiais, em muitos casos já regularizados e aplanados, sem taludes instáveis, só reconhecidos pelo material que contém.

	TIPOS DE ACUMULAÇÃO DE REJEITOS*	REJEITOS	NEOFORMAÇÕES MINERAIS	OROGRAFIA	MINAS	IMPACTE ACTUAL
1	 Acumulados livres	Areias e pequenos blocos de Qz com vestígios de sulfuretos	Oxi-Hidroxi de Fe	Planalto	Minas de Junqueiro – Ribeiro do Salgueiro	Potencial
2	 Acumulados sucessivos	Areias aplíticas	s/ ref.	Vales fluviais mais ou menos alargados	Minas de Vila Mou-Meixedp	Diminuto
3	 Acumulados com barreiras de blocos ou depósitos finos	Argilas ferruginosas que agregam sedimentos mistos	Efluente sulfuretado e ácido função da reactividade dos acumulados e intemperismo.	Encaixe fluviais confinados e abruptos, com regimes torrenciais	Minas de Covas	Localizado
4	 Enchimento indiscriminado	Areias Qz-FeldK e cascalhos	s/ ref.	Terraço fluvial	mina de Campo Raso	Diminuto

Poder dizer-se que depósitos de tipo placers representarão impactes ambientais menores, uma vez que os desmontes são menos profundos e a reactividade dos materiais é atenuada pela individualização dos minérios, que prescinde das operações de fragmentação.

Os acumulados do tipo 1 (Tabela VI.29) associam-se a lavras de eluvião, próximas de zonas de cisalhamento, onde possam existir matérias mais grosseiras que ainda contenham sulfuretos, daí que entre os resíduos se possam encontrar paragénese secundárias com alguma reactividade. Por outro lado, calibres mais irregulares conferem aos acumulados menor estabilidade. Os acumulados do tipo 2 são os mais comuns, produzidos em lavras sobre aluviões com cassiterite, em planícies de maior drenagem. Reservado a zonas mais encaixadas de cursos de água ou em vertentes declivosas referem-se os acumulados de tipo 3, suportados por barreiras de material rochoso, dos próprios cursos de água ou por acumulação de finos conferindo mais ou menos consistência. O material apurado, nestes casos provinha de vertentes e patamares superiores ou do próprio leito. Pode existir, nesta situação, alguma instabilização dos taludes, associado a materiais de tipo argilas ferruginosas, mais ou menos crustificadas e eventualmente reactivas.

A presença de argila foi relatada, em relatórios técnicos, como um problema recorrente, sobretudo nos eluviões, cuja eliminação prévia com desagregadores e desenlameadores ampliaria a eficácia das operações de concentração (Cruz Moreira, 1973). Esta aplicação não se confirmou na RMArga.

**4 DESCRITOR PATRIMONIAL** - Apesar de não estar atribuída classificação patrimonial por entidade oficial, em áreas mineiras dedicadas à lavra de *placers* podem referir-se atributos identificados em *Dossiers* mineiros como pela comunidade mineira relacionada, em entrevistas (Tabela VI.30).

Tabela VI.30. Classes de interesse patrimonial de minas e minérios de depósitos tipo *placer*.

PATRIMÔNIO		TERRAÇOS FLUVIAIS	ALUVIÕES	ELUVIÕES	CONCENTRAÇÕES PONTUAIS (em marmitas de gigante)
				ILM CAS	NbTAN VOLF
Identificado	Singularidade mineralógica	Couto Russo		R. Coura	Rib. Pombas - R. Âncora
	Arqueologia Mineira	Cova dos Mouros - Ribeiro do Salgueiro			
Inferido (referências em <i>Dossiers</i> )	Vestígios romanos				
	Vários ciclos mineiros	Senhora das Neves, Agueiras			
	Grande empreendimento	Escusa - Ínsua			
Indicado (narrativas de mineiros)	"Fenómeno Social"	Minas de Vila Mou - Meixedo		Rio Coura	
	"Lavras"	Lanheses			
	"Minério"	Rib.Fisga			

**SITUAÇÕES DE INTERFACE OU TERMOS DA TIPOLOGIA** - Dentro da diversidade que podem assumir os depósitos de tipo *placer*, referem-se na RMArga os coluviões de Balouca - Benvisa. Os coluviões são depósitos gravíticos, cuja acumulação não está relacionada com um transporte específico, sendo determinados exclusivamente pela gravidade. Podem ter decorrido de desmontes mineiros em depósitos primários, aplitos tipo *sill* com cassiterite (mineral-alvo), interceptados por pegmatitos E-W. Nestes é possível reconhecer termos mineralógicos litiníferos, como turmalina coloridas -

elbaïtes-lidicoatite (rubelite, verdelite e *watermelon*) (Leal Gomes, 2005). Estes coluviões podem referir-se como um termo notável, não explorado, que apresentam minerais com qualidade gemológica

### VI.3. CLASSES DE QUALIFICAÇÃO DO ESPAÇO MINEIRO – DEFINIÇÃO DE ATRIBUTOS

Os modelos apresentados com base nos quatro descritores fundamentam a diversidade dos EMa na RMArga. Com vista à elaboração de protocolos de planeamento em EMa, segundo um sistema integrado de gestão, importa agora classifica-lo pelos seus atributos fundamentais: potencialidade mineira, impacte ambiental e património geo-mineiro.

As componentes implicadas no padrão de classificação de cada atributo serão enumeradas, com indicação das secções deste estudo que representem um contributo nesse sentido (Tabela VI. 31 e Figura VI. 22). De forma complementar e como síntese conclusiva apresenta-se para cada atributo a consequente aplicação à RMArga, que converge na Carta de Classificação de EMa na RMArga (Erro! A origem da referência não foi encontrada.) e no contributo para uma Matriz de Ordenamento Territorial do EMa, com adequação aos diferentes domínios de intervenção e planeamento – municipal, central, mineiro (Figura VI. e Tabela VI. 33).

**POTENCIALIDADE MINEIRA** integra: ① aspectos geológicos, hierarquizáveis em função do tipo metalogenético, especialização metálica e extensão litológica da ocorrência (CAPÍTULO IV.4 e CAPÍTULO V.2.1); ② aspectos técnicos que influenciaram a produção dos depósitos (CAPÍTULO IV.3), em função das formas e períodos de aproveitamento, tratamento mineral e acções de prospecção (CAPÍTULO IV.2).

Para a RMArga consideram-se 3 níveis de qualificação da potencialidade mineira, com recursos e reservas discriminadas na Tabela VI. 31. Atendeu-se ao padrão de classificação da Tabela VI.32, complementando-se aqui alguns aspectos específicos decorrentes do estudo ao funcionamento mineiro passado (CAPÍTULO IV.1 e 2), pelo qual foi possível reconhecer os **recursos explorados**, ou seja, aqueles que, até ao presente, constituíram alvos de interesse extractivo, com lavras localizadas – concessionadas ou furtivas - cujas marcas de exploração ainda persistem e deles se possam citar valores aproximados de produção.

Pelos estudos dedicados a litologias específicas na RMArga – designadamente Leal Gomes (1994) e Dias (2012) – ou a mineralizações-úteis (CAPÍTULO V.2.1) agruparam-se as **reservas potenciais a inferidas**, ou seja, os índices cujos portadores mineralógicos/litológicos estejam identificados e existam valores de quantificação por análise química de rocha total e/ou na face mineral portadora por MSE, considerando-se possível a sua representação mais abrangente no contexto litostratigráfico e metalogenético, não obstante, alguns destes valores são susceptíveis de muito baixa representatividade.

Pelas mesmas fontes de informação foi possível elencar os **recursos base**, ou seja, os índices reconhecidos, não quantificados e de abrangência metalogenética não completamente conhecida até ao momento.

**Tabela VI. 31.** Quadro de recursos e reservas atribuíveis à RMArga. **Nota:** Valores de análise geoquímica em rocha total (**ppm ou wt %**); valores de análise pontual em MSE sobre o mineral portador (**APUF ou wt %**). Valores obtidos em **Leal Gomes (1994)** e **Dias (2012)** e decorrentes do presente estudo. Abreviaturas em índice próprio. (\* correspondente à primeira coluna)

	RECURSOS EXPLORADOS	RECURSOS POTENCIAIS	Valores	RECURSOS BASE
Fe	HEM + GOE + MAG ( <i>gossans</i> )			*
	Au (Aplito-pegmatito)		0,9/145	
	Au (filões de Qz em ZC)	Au/Ag (Aplito-pegmatito)		Au (green sílica rock)
		Au/Ag (filões de Qz com ARS+PI+VOLF+PIRR)	1,9/119,4	Au (deposição supergênica na dependência de substratos orgânicos vegetais)
Au (Ag)	Au ( <i>nível Sulf exalativo</i> )	Au/Ag (filões de Qz com BL+CALC+PI+PIRR+GAL+MAR)	3,5/74,5	
	<i>Electrum</i> (placers)	Au (metassomatitos listveníticos)	1,2	
		Au (ARS-SC em turmalinitos)	0,5	
		SCH (rochas máficas alcalinas anfibólicas)	2883	
W	VOLF (filões de Qz com Sulf e placers)	STOL-RAS (filões de Qz com Sulf)	50	*
	VOLF-SCH ( <i>skarn, nível Sulf e placers</i> )	VOLF<SCH (índices em cursos de água afectos por escombreliras)		
		CAS (aplito-pegmatito tipo <i>filões radiais</i> )	63	
		CAS (aplito-pegmatito tipo <i>sill</i> )	24978	*
Sn	CAS (aplito-pegmatitos, metassomatitos ou greisen placers)	CAS (aplito-pegmatito tipo <i>filões E-W</i> )	678	
		CAS (veios de segregação quartzo-micáceos)		
		GAN-NIG (aplito-pegmatitos)		
		NbTAN (aplito-pegmatito tipo <i>filões radiais</i> )	63Nb	
		NbTAN (aplito-pegmatito tipo <i>sill</i> )	95 Nb	
Nb-Ta	NbTAN (aplito-pegmatitos e placers)	NbTAN (aplito-pegmatito tipo <i>filões E-W</i> )	113 Nb	*
		STRU+TAP (Veios segregação AND-CORD)	211Nb	
			625 Ta	
		RUT + ILM + ESF (rochas máficas alcalinas anfibolíticas) (veios de segregação)		*
Ti	ILM (placers)			
		ESP + LEP + ZIN + AMB (aplito-pegmatito tipo <i>filões radiais</i> )	169	*
Li	PET (aplito-pegmatito tipo <i>sill</i> )	PET (aplito-pegmatito tipo <i>sill</i> )	4540	
		AMB+ELB (aplito-pegmatito tipo <i>filões E-W</i> )	12400	
		BL (filões de Qz com Sulf)		*
Zn		GAN (aplito-pegmatitos e veios de segregação)	38,08	
		BL (metavulcanitos félsicos com sulfuretos vulcanogénicos)		
Pb		GAL (filões de Qz com Sulf)		*
		Bi nativo (filões de Qz com Sulf e <i>Sulfuretos maciços exalativos</i> )		*
Bi		BISM (filões de Qz com Sulf em ZC)		
Rb		LEP (aplito-pegmatitos)		*
Cs		LEP + POL + LOND (aplito-pegmatitos)		*
V		2,69% em TUR+ 2,5% em MO (quartzofilitos)	1005	*
		RUS (xistos negros)		
		LOL (rochas máficas alcalinas) (xistos negros)	110	*
Co-Ni			405	
		BER (aplito-pegmatito tipo <i>sill</i> )	794	
		CRIS (aplito-pegmatito tipo <i>sill</i> )	262	
Be		BER + CRIS + ESM (veios de segregação*)	195	*
			(794*)	
		BERT (filões Qz em zonas de cisalhamento)		
ΣT.R.		APA + MON (rochas metavulcanosedimentares, quartzofílicas turmalínicas com segregados apatíticos)	344	*
			784	
U		PECH (magmatito)	14	*
		NbTAN (aplito-pegmatito)	195	
Zr		ZIR (rochas metavulcanosedimentares, quartzofílicas turmalínicas)	5030	*
		ZIR ( <i>grauvaques</i> )		
Sc		THOR (metavulcanitos félsicos com sulfuretos)		*
		RUT (rochas máficas ultra-potássicas)	0,48	
Al				AND (veios de segregação)
Ga-Ge				AND (veios de segregação)
Te		Telureto de Bi (sulfuretos maciços exalativos)		*
P		APA (índices na escombrelira de Valdarcas)	2,7	*
		APA (apatititos)		

**IMPACTE AMBIENTAL** integra: ① aspectos geológicos, de estabilidade geoquímica das paragêneses e seu equilíbrio supergênico (CAPÍTULO V.2); ② aspectos técnicos, formas de desmonte, tratamento e acondicionamento de resíduos (CAPÍTULO IV.2), atendendo à componente física do meio, bem como aos riscos geoquímicos, com focos ou zonas de dispersão de anomalias químicas e repercussões no ecossistema (CAPÍTULO V.3); ③ aspectos de reconhecimento actual e monitorização de espaços mineiros mais susceptíveis, considerando indicadores específicos da caracterização do impacte em contexto de abandono mineiro – físico-químicos e da composição específica, concretamente o somatório de metais pesados tal como sugere *Ficklin et al. (1994)* sob a forma diagramática (Figura VI. 22).

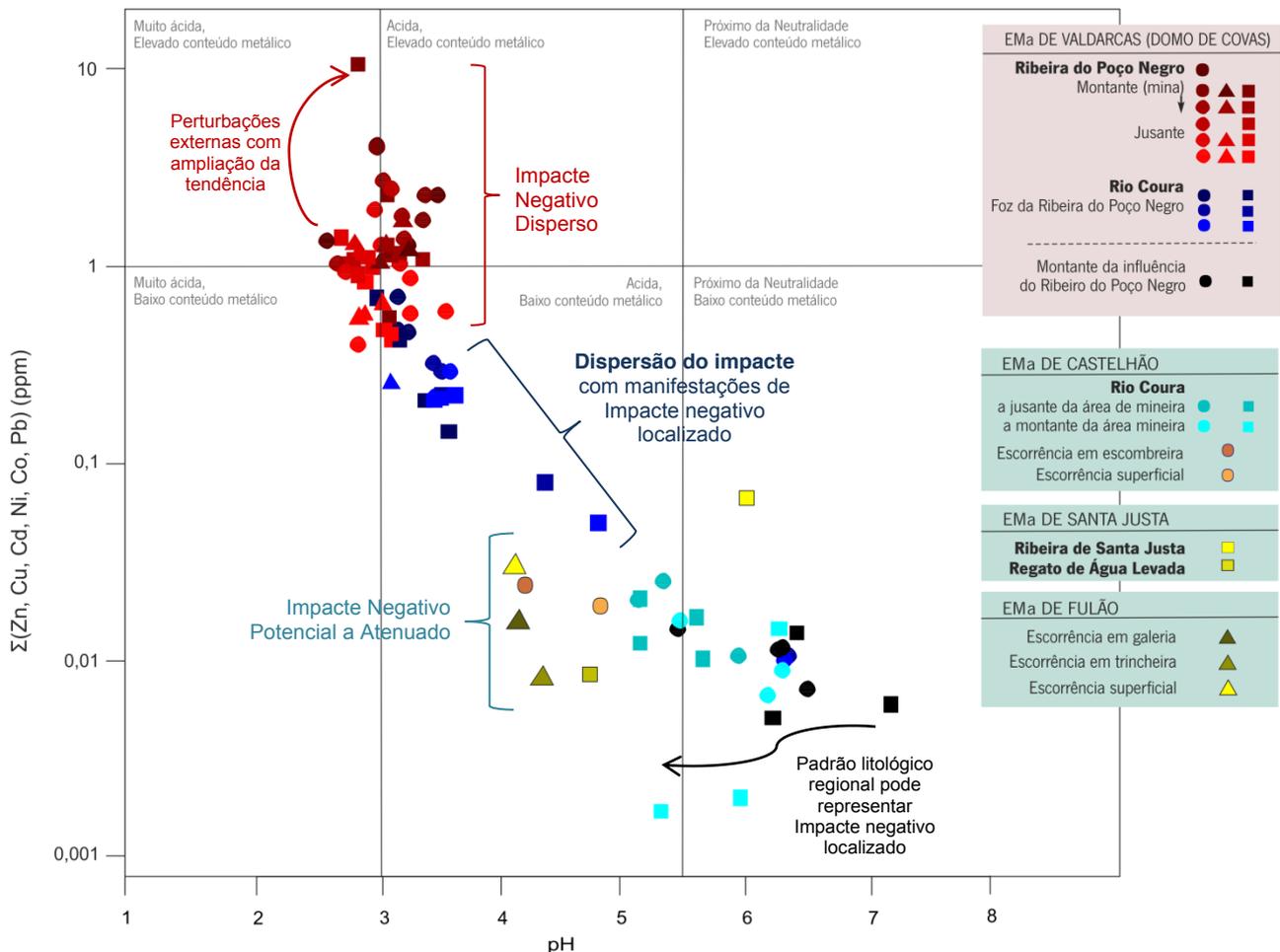


Figura VI. 22. Diagrama de Ficklin com a projecção do somatório do conjunto dos conteúdos metálicos {Zn, Cu, Cd, Ni, Co e Pb} (eixo logarítmico) e pH das águas de drenagem dos EMA de Valdarças, de Santa Justa (ICP-MS / EOS); do s EMA de Fulão e Castelhão (HR ICP-MS / EOS). Interpretação de escalas de impacte segundo a Tabela VI.32.

**PATRIMÓNIO GEOLÓGICO E MINEIRO** atendeu aos valores natural, social e histórico dos depósitos e das suas formas de pesquisa e aproveitamento (CAPÍTULO IV.3), cujo interesse tenha sido alvo de classificação oficial pelo organismo que tutela o património, bem ainda: ① tenha reconhecimento científico, ② esteja expresso em fontes documentais – técnicas ou administrativas - da época (CAPÍTULO IV.2), ③ persista na memória das comunidades locais, constituindo testemunho imaterial indelével (CAPÍTULO IV.1).

Estabeleceu-se um padrão de classificação numa escala de 1 a 5 (Tabela VI.32). A geração dos modelos conceptuais forneceu um intervalo de classes atribuível ao depósito-tipo partindo da classificação de cada mina e que se concretiza no mapa da Figura VI.23 aplicado à RMArga.

Tabela VI.32. Padrão de classificação do EMa. A escala representa o nível de importância atribuída a cada variável individualmente

Escala	POTENCIALIDADE	IMPACTE AMBIENTAL	PATRIMÓNIO
5	<p><b>Reserva calculada</b></p> <p>inclui depósitos com perspectivas geológicas estabelecidas no que respeita à metalização, concentração, extensão e profundidade; com substâncias-alvo consideradas matérias críticas ou preciosas; verificou, ou não, elevada produção (valores declarados) num período de exploração passado; razões de suspensão de ordem tecnológica na extração, processamento e gestão do impacto ambiental e social; alvo de várias acções de prospecção em todas as fases de desenvolvimento.</p>	<p><b>Impacte negativo disperso</b></p> <p>inclui minas cujos resíduos ou trabalhos de desmonte envolvem ou não riscos geotécnicos, afectam cursos de água gerando anomalias hidrogeoquímicas com halos de dispersão extensos (&gt;1Km do foco principal) veiculados por cursos secundários e/ou principais com precipitação coloidal de oxí-hidróxidos de Fe sobre o substrato vegetal, sem persistência de neoformações mineralógicas supergénicas.</p>	<p><b>Património classificado</b></p> <p>inclui depósitos minerais e/ou estruturas mineiras que tenham merecido atenção classificativa da entidade oficial reconhecida para os efeitos de atribuição do estatuto patrimonial, no domínio cultural (arqueologia industrial mineira e/ou respectivo valor imaterial), bem como, no domínio natural (geológico <i>sensu lato</i>, mineralógico, das geoformas e da paisagem).</p>
4	<p><b>Reserva indicada</b></p> <p>inclui depósitos minerais, com perspectivas geológicas demonstradas no que respeita à concentração; com substâncias-alvo consideradas matérias críticas ou preciosas; elevada produção em diversos períodos passados e ciclos de retoma, função das flutuações do mercado; razoável alcance tecnológico na extração e tratamento; alvo de acções de prospecção na fase de desenvolvimento estratégico e tático.</p>	<p><b>Impacte negativo localizado</b></p> <p>inclui minas cujos resíduos ou trabalhos de desmonte envolvem ou não riscos geotécnicos, afectam determinados pontos ou troços de cursos de água, permanente ou sazonal, gerando anomalias hidrogeoquímicas, com repercussões visíveis no ecossistema, formação de crustas ferralíticas e outras neoformações mineralógicas supergénicas pouco persistentes.</p>	<p><b>Património reconhecido</b></p> <p>inclui depósitos minerais e/ou estruturas mineiras cuja atribuição e valor esteja cientificamente reconhecido e referenciado na literatura, nos diferentes domínios de especialização – geológico, arqueológico, antropológico - enquanto locais de interesse e promoção ao estatuto patrimonial, situando-se dentro de vectores de apreciação das componentes: natural, cultural, científico e pedagógico.</p>
3	<p><b>Reserva inferida</b></p> <p>inclui depósitos minerais com perspectivas geológicas não inteiramente demonstradas no que respeita à metalização e concentração; previsivelmente com substâncias-alvo consideradas matérias críticas ou preciosas; produção media-baixa em diversos períodos no passado função das flutuações do mercado; baixo alcance tecnológico na extração e tratamento; alvo de acções de prospecção na fase de desenvolvimento estratégico.</p>	<p><b>Impacte negativo potencial</b></p> <p>inclui minas cuja acumulação e formas de aprisionamento de resíduos ou trabalhos de desmonte podem envolver riscos geotécnicos com eventuais repercussões na estabilidade de terrenos e taludes, pondo em causa a segurança de transeuntes, com reduzida implicação na rede hídrica ou pontos de acumulação de água; evidência de neoformações mineralógicas supergénicas desenvolvidas e persistentes.</p>	<p><b>Património Inferido</b></p> <p>inclui depósitos minerais em cujos registos de manifesto mineiro revelem elementos de apreço, ou nos pedidos de concessão (provisório e/ou definitivo) os planos de lavra, os relatórios de reconhecimento, os autos de visita e outros documentos de cariz descritivo mineiro, contenham referências a vestígios arqueológicos, trabalhos peculiares antigos e/ou singularidades geológicas e minerais.</p>
2	<p><b>Recurso potencial</b></p> <p>inclui depósitos minerais com perspectivas geológicas não demonstradas; substâncias-alvo consideradas matérias críticas ou preciosas; produção baixa num período passado de pico de cotações; baixo alcance tecnológico na extração e tratamento; alvo de algumas acções de prospecção na fase de desenvolvimento estratégico.</p>	<p><b>Impacte atenuado</b></p> <p>inclui minas cuja acumulação e formas de aprisionamento de resíduos ou trabalhos de desmonte se reconhecem e podem envolver, ou não, riscos geotécnicos; sem evidências de desequilíbrios geoquímicos nos cursos de água; com neoformações mineralógicas supergénicas associados a rejeitos em escombreira ou frentes expostas.</p>	<p><b>Património hipotético</b></p> <p>inclui depósitos minerais que, não tendo características que os façam participar nas classes anteriores, resultam substanciadas na base de narrativas recebidas entre a comunidade mineira local - actual ou histórica - e suas manifestações.</p>
1	<p><b>Recurso base</b></p> <p>inclui todas as ocorrências minerais anómalas, conhecidas ou em estudo, num determinado território, em concentrações não significativas, mas passíveis de concentração, podem ter sido no passado alvos de exploração pontual, cuja produtividade integrou os valores declarados de uma sede de tratamento.</p>	<p><b>Ambiente neutro</b></p> <p>inclui minas cujos resíduos ou trabalhos de desmonte estão pouco reconhecíveis ou mesmo irreconhecíveis; não evidenciam desequilíbrios geoquímicos nos cursos de água; pontualmente podem ocorrer minerais de neoformação supergénica associados ou não a lavras mineiras antigas.</p>	<p><b>Índicio patrimonial</b></p> <p>inclui áreas de registo e concessão mineira demarcadas, sem qualquer atributo patrimonial referível, tão só constitui um indicio do interesse mineiro que teve no passado e levou ao seu registo e posterior concessão.</p>



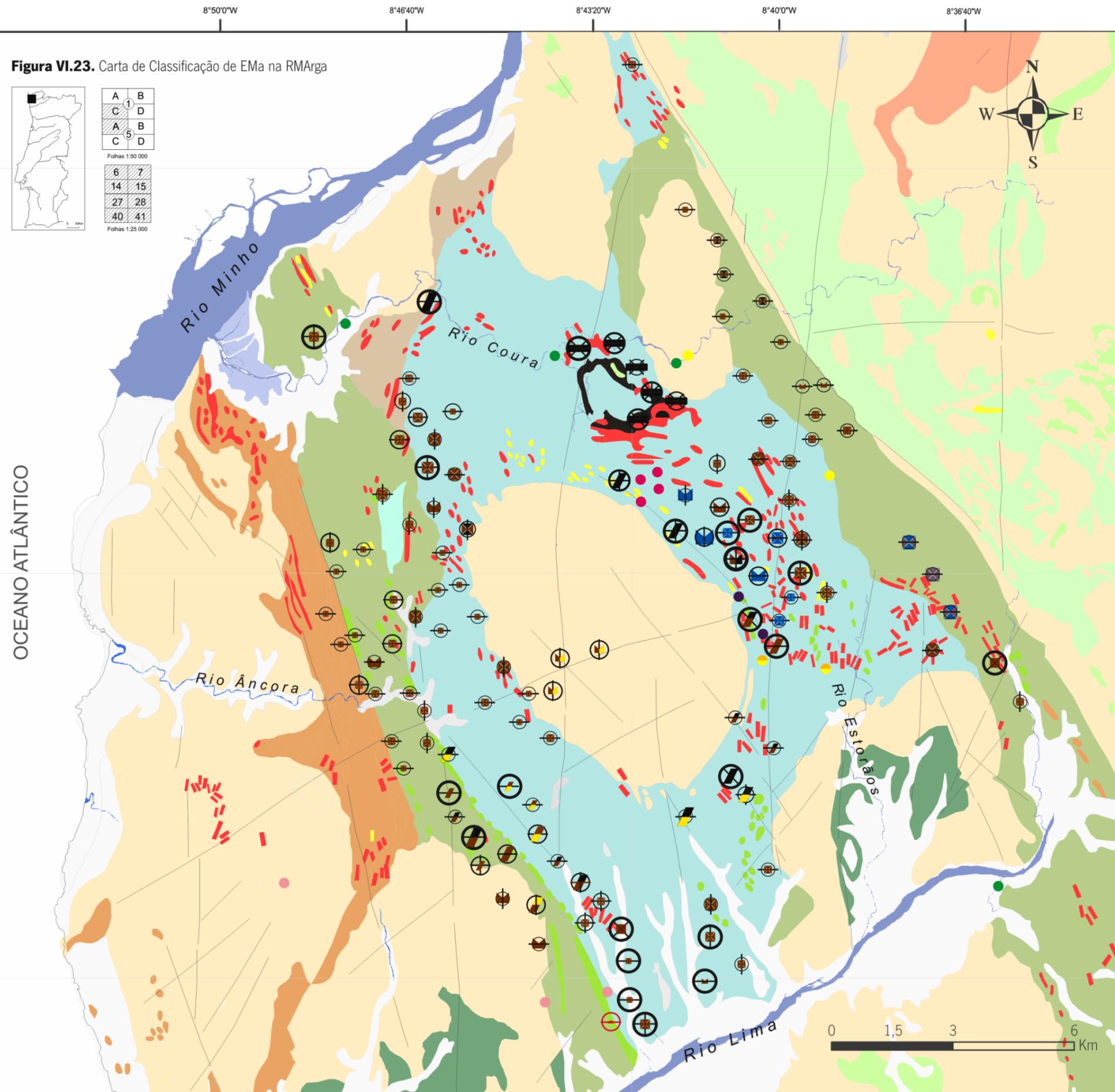


Figura VI.23. Carta de Classificação de EMA na RMarga

A	B
C	D
A	B
C	D

Folhas 1:50 000

6	7
14	15
27	28
40	41

Folhas 1:25 000

### LEGENDA

- MINERALIZAÇÕES**
- MÉTÁLICAS**
- ouro (Au) - ouro nativo e electrum
  - estanho (Sn) - cassiterite
  - tungstênio (W) - wolframite e scheelite
  - nióbio e tântalo (Nb e Ta) - nióbio-tantalite ("coltan")
  - zinco (Zn) - blenda
  - titânio (Ti) - ilmenite
  - ferro (Fe) - limonite e goethite
- OUTRAS SUBSTÂNCIAS**
- quartzo
  - andaluzite
  - petalite

- DEPÓSITO - TIPO**
- metassomatitos em associações protilíticas vulcanogénicas e sedimentares exalativas
  - aplitopegmatitos de tipo LCT predominante com veios hidrotermais associados
  - enxames venulares relacionados com focagem hidrotermal em zonas de cisalhamento
  - gossan em sequências metavulcanossedimentares
  - tipo placer

**PADRÃO DE CLASSIFICAÇÃO DO EMA**

POTENCIALIDADE	IMPACTE AMBIENTAL	PATRIMÓNIO
1 - [símbolo]		○
2 - [símbolo]	—	○
3 - [símbolo]	+	○
4 - [símbolo]	×	○
5 - [símbolo]	*	○

- GEOLOGIA**
- PLIOCÉNICO A QUATERNÁRIO
  - FORMAÇÕES DO COMPLEXO XISTO-GRAUVÁQUICO E DO ORDOVÍCIO
  - FORMAÇÕES PARAUTOCTONES E ALOCTONES DO SILÚRICO
  - Formação de Vilar de Mouros: metagrauvas impuros
  - Formações da Unidade Minho Central e Ocidental a W do desligamento de Vigo-Rêgua
  - Formações da Unidade Minho Central e Ocidental a E do desligamento de Vigo-Rêgua
  - Rochas heterogénias de aspecto migmatítico
  - Formações do Domo de Covas (litologias exóticas de afinidade vulcanogénica-exalativa e seus produtos de evolução metassomática)
  - Rochas de afinidade metavulcanossedimentar-exalativa da Cerdeirinha

- ROCHAS GRANITOÍDES**
- ROCHAS FILONEANAS**
- Filões e corpos aplito-pegmatíticos
  - Filões de quartzo
  - Pórfiro microdiorítico quartzífero

- SÍMBOLOS ESTRUTURAIS**
- Limite geológico
  - Falha
  - Falha provável

- OUTRA INFORMAÇÃO**
- Rio principal e tributário
  - 1C Limite da carta 1:50 000





## VI.4. COMBINAÇÃO TEÓRICA DE ATRIBUTOS

Perante a escala (1 - 5) estabelecida para cada atributo (*potencialidade, impacte ambiental e património*) é possível determinar, teoricamente, 125 combinações de atributos, ou perfis de EMa (desde 1,1,1 até 5,5,5). O sistema de classificação assim proposto baseia-se na equivalência real dos atributos.

Os 125 perfis foram projectados respeitando a escala dos atributos, para assim identificar conjugações determinantes e/ou condicionantes na gestão desta unidade territorial – o EMa.

Os atributos de *potencialidade* e *impacte* são projectados conjugadamente em *xx*, por estarem associados a propriedades intrínsecas ao depósito mineral atendidas na actual legislação mineira (ex. estudos de viabilidade e avaliações de impacte ambiental), integrando o plano de gestão da entidade prospectora/exploradora do depósito. No eixo das ordenadas projecta-se o património, demarcado pelo carácter valorativo ou o sentido de pertença colectiva de bens ou direitos, cujo interesse e promoção pode distribuir-se por diversas entidades (municipal, regional ou central e ainda privadas), segundo disposições legais diferentes das que regulam os recursos minerais.

Admite-se que os atributos têm igual ponderação e equaciona-se a importância da gestão territorial pela soma ou valor cumulativo dos atributos, tal como se sugere na matriz da **Figura VI. 24**, organizando-se a distribuição dos perfis (em linhas) pela igualdade do somatório. Dessa forma os 125 perfis dão lugar a apenas a 13 graus de importância em gestão territorial (de 3 a 15), respeitando a soma dos atributos – perfis (1,1,1) com um grau de importância menor e (5,5,5) com maior importância num quadro de gestão.

(POTENCIALIDADE, IMPACTE, )																		∑ atributos										
PATRIMÓNIO	111																		#3									
	112	121				211													#4									
	113	122	131			212	221				311								#5									
	114	123	132	141		21	222	231			312	321				411			#6									
	115	124	133	142	151	214	223	232	241		313	322	331			412	421		511	#7								
		125	134	143	152	215	224	233	242	251	314	323	332	341		413	422	431		512	521	#8						
				135	144	153		225	234	243	252	315	324	333	342	351	414	423	432	441		513	522	531	#9			
					145	154			235	244	253		325	334	343	352	415	424	433	442	451	514	523	532	541	#10		
						155				245	254			335	344	353		425	434	443	452	515	524	533	542	551	#11	
											255				345	354				435	444	453		525	534	543	552	#12
																355					445	454			535	544	553	#13
																					455				545	554	#14	
																									555	#15		

**Figura VI.24.** Combinação de atributos (potencialidade, impacte, património) para a classificação do EMa (125 perfis segundo 13 conjuntos com diferentes graus de importância em gestão territorial).

Distinguem-se, contudo, para os vários domínios de atributos os organismos ou entidades responsáveis pelo planeamento e gestão territorial – municipais, da tutela dos recursos minerais e entidades públicas e privadas com interesse e/ou contrato para pesquisa e prospecção (exploração experimental) e exploração de recursos (**Figura VI.25**). Para cada domínio de atributos do EMa foi enumerado um conjunto de procedimentos orientados mediante o perfil ou domínio de perfis do EMa (organizado por cores), discriminando as abordagens a atender, as parcerias ou protocolos



Tabela VI. 33. Protocolos de planeamento e intervenção em EMa, a adoptar por entidades do domínio municipal, central, empresarial mineiro, segundo um sistema integrado de gestão, que contempla os atributos: potencialidade mineira (I); impacte ambiental (II) e património geomineiro (III).

ENTIDADES	Municipal em cooperação com institutos de investigação científica ou associações culturais de estudo e preservação do património.	Estado (DGEG/LNEG) e Entidade mineira (parceria Municipal por iniciativa própria).	Empresa mineira (com contrato de exploração experimental ou efectiva de recursos minerais) - Estado (DGEG/LNEG) - Municipal por concertação).
PROGRAMAS	Amostragem e salvaguarda de objectos de interesse, análise dirigida por gabinetes técnicos, laboratórios e centros de investigação.	Pesquisa e prospecção (fases estratégica e tática) da Entidade mineira (desenvolvimento de programas de cooperação com gabinetes técnicos municipais).	Pesquisa (pontual - exploração experimental), coordenação de operações de exploração - fiscalização central e acompanhamento com cooperação do Município.
OBJECTIVOS	Inventário, caracterização e hierarquização de acções de valorização e/ou salvaguarda de lugares e objectos geológicos e mineiros com interesse patrimonial. Atualização de planos de ordenamento e condicionamento (PDM)	Coordenação e planeamento de acções de pesquisa ou pequenos trabalhos mineiros (experimentais), acompanhamento de resultados de pesquisa e sinalização de objectos com interesse geológico. Atualização dos planos de ordenamento e condicionamento (PDM)	Exploração (experimental ou não) mineira; negociação de contrapartidas; acompanhamento do avanço das frentes de desmonte e salvaguarda de espécimes minerais, negociação do traçado de vias de comunicação, empregabilidade e prestação de serviços de locais.
I - inventário de recursos base e validação de ocorrências descritas em registos de manifesto, planos de lavra e relatórios de prospecção arquivados; II - revisão do espectro de neofomações mineralógicas e/ou paragéneses secundárias em escombrelas e cortas mineiras acessíveis; III - recolha sistemática do registo documental - municipal, regional e central - e de narrativas associadas a lavras antigas.	I - inventário de recursos base, validação de ocorrências descritas em registos de manifesto e planos de lavra; promoção de campanhas mineralométricas em cursos de água anexos ao EMa, negociação com o Estado para o conhecimento dos planos e acções de pesquisa e prospecção, troca de resultados geológicos, geofísicos, geoquímicos e de mineralometria rela Entidade tivos às zonas de ocorrências mineiras passadas; II - sinalização de zonas de risco geotécnico - alargamento dos perímetros de salvaguarda de escombrelas e infra-estruturas com frentes de desmonte expostas - revisão do espectro de neofomações mineralógicas, inventário de espécimes em escombrela ou cursos de água; negociação com a Entidade de prospecção para a desobstrução de infra-estruturas de acesso mineiro antigas (indicação de locais considerados ou não para pesquisa); III - recolha sistemática do registo documental - municipal, regional e central - de narrativas associadas a lavras antigas, organização de espólio entretanto revelado com o avanço das campanhas de prospecção e pesquisa; acompanhamento das várias fases de prospecção com vista à preservação/negociação de objectos de interesse (mineiro-mineralógico), classificação e arquivo dos mesmos; para zonas com maior incidência demográfica e com maior património edificado - negociação de contrapartidas como empregabilidade.	I - inventário de recursos base, validação de ocorrências descritas em registos de manifesto e planos de lavra; promoção de campanhas mineralométricas em cursos de água anexos ao EMa, negociação com a Entidade Mineira de contrapartidas em urbanismo, recursos humanos e serviços de apoio directo ou indirecto à lavra; II - sinalização de zonas de risco geotécnico - manutenção de perímetros de salvaguarda de escombrelas e infra-estruturas com frentes de desmonte expostas - controlo do espectro de neofomações mineralógicas em escombrela ou cursos de água; III - recolha sistemática do registo documental - municipal, regional e central - de narrativas associadas a lavras antigas, organização de espólio antigo e actual dispensado - ilustração da actividade mineira - negociação de objectos de interesse (mineiro-mineralógico), classificação e arquivo dos mesmos; em zonas com maior incidência demográfica e com maior património edificado - negociação de contrapartidas como empregabilidade e o urbanismo.	
I - inventário de recursos base e validação de ocorrências descritas em registos de manifesto e planos de lavra e relatórios de prospecção; II - sinalização de zonas de risco geotécnico (escavações e acumulação de rejeitos em escombrela), salvaguarda de zonas de acumulação de resíduos e revisão do espectro de neofomações mineralógicas em escombrela, avaliação pontual de parâmetros fisico-químicos e parâmetros expeditos nas acumulações e cursos de água; III - recolha sistemática do registo documental - municipal, regional e central - e de narrativas associadas a lavras antigas.	I - inventário de recursos base, validação de ocorrências descritas em registos de manifesto e planos de lavra; promoção de campanhas mineralométricas em cursos de água anexos ao EMa, negociação com o Estado para o conhecimento dos planos e acções de pesquisa e prospecção, troca de resultados geológicos, geofísicos, geoquímicos e de mineralometria relativos às zonas de ocorrências mineiras passadas; II - sinalização de zonas de risco geotécnico, desequilíbrio químico e sensibilidade ecológica - alargamento e vedação dos perímetros de salvaguarda de escombrelas e infra-estruturas com frentes de desmonte expostas - revisão do espectro de neofomações mineralógicas e controlo da extensão em que ocorrem, em escombrela ou cursos de água; negociação para a desobstrução e protecção de infra-estruturas de acesso mineiro antigas (com pesquisa em curso); negociação com o Estado e Entidade prospectora planos de mitigação do impacte ambiental e áreas de salvaguarda, comunicação de acções de monitorização e bases de dados dos parâmetros considerados; III - recolha sistemática do registo documental - municipal, regional e central - e de narrativas associadas a lavras antigas, organização de espólio entretanto revelado com o avanço das campanhas de prospecção e pesquisa; acompanhamento das várias fases de prospecção com vista à preservação - negociação de objectos de interesse (mineiro-mineralógico), classificação e arquivo dos mesmos.	I - inventário de recursos base, validação de ocorrências descritas em registos de manifesto e planos de lavra; promoção de campanhas mineralométrica em cursos de água anexos ao EMa, negociação com a Entidade Mineira de contrapartidas em urbanismo, recursos humanos e serviços de apoio directo ou indirecto à lavra; II - sinalização de zonas de risco geotécnico, desequilíbrio químico e sensibilidade ecológica - localização e manutenção de zonas de tratamento de resíduos e circulação de veículos com cargas poluentes - alargamento e vedação dos perímetros de salvaguarda de escombrelas e infra-estruturas com frentes de desmonte expostas - controlo do espectro de neofomações mineralógicas em escombrela ou cursos de água e a dispersão em que possam ocorrer; negociação com a Entidade Mineira planos de mitigação do impacte ambiental e áreas de salvaguarda, comunicação de acções de monitorização mensais e compilação/divulgação de bases de dados dos parâmetros considerados mais sensíveis; III - recolha sistemática do registo documental - municipal, regional e central - de narrativas associadas a lavras antigas, organização de espólio entretanto revelado com o avanço do desmonte; acompanhamento das várias fases de desmonte com vista à preservação de objectos de interesse (mineiro-mineralógico), classificação e arquivo dos mesmos.	
I - inventário de recursos base e validação de ocorrências descritas em registos de manifesto e planos de lavra e relatórios de prospecção; II - sinalização de zonas de risco geotécnico e implantação de infra-estruturas que salvaguardem zonas perigosas ou sensíveis (crustificações frágeis, neofomações salinas e efluências), revisão do espectro de minerais-úteis e neofomações mineralógicas em escombrelas, inventário de espécimes no caso de circulação/visitação; III - recolha sistemática do registo documental - municipal, regional e central - e de narrativas e objectos associados a lavras antigas, criação de um espólio local ou municipal da actividade mineira, com classificação de objectos, testemunhos e documentos diversificados que remetam à mineração; promoção pedagógica (geologia, história, geografia), científica e turística; projecção de um circuito de visitação com sinalização informativa e interpretativa - painéis exteriores (documentação de apoio - desdobráveis, guias ou manuais).	I - inventário de recursos base, validação de ocorrências descritas em registos de manifesto e planos de lavra; promoção de campanhas mineralométrica em cursos de água anexos ao EMa, negociação com o Estado para o conhecimento dos planos e acções de pesquisa e prospecção, troca de resultados geológicos, geofísicos, geoquímicos e de mineralometria relativos às zonas de ocorrências mineiras passadas; II - sinalização de zonas de risco geotécnico - alargamento de perímetros de salvaguarda de escombrelas e infra-estruturas com frentes de desmonte expostas - revisão do espectro de neofomações mineralógicas, inventário de espécimes em escombrela ou cursos de água; negociação com a Entidade de prospecção para a desobstrução de infra-estruturas de acesso mineiro antigas (indicação de locais considerados ou não para pesquisa); III - recolha sistemática do registo documental - municipal, regional e central - e de narrativas e objectos associados a lavras antigas, criação de um espólio local ou municipal da actividade mineira, com classificação de objectos, testemunhos e documentos diversificados que remetam à mineração (documentação de apoio - desdobráveis, guias ou manuais); salvaguarda dos valores patrimoniais negociados com a Entidade prospectora.	I - inventário de recursos base, validação de ocorrências descritas em registos de manifesto e planos de lavra; promoção de campanhas mineralométrica em cursos de água anexos ao EMa, negociação com a Entidade Mineira de contrapartidas em urbanismo, recursos humanos e serviços de apoio directo ou indirecto à lavra; II - sinalização de zonas de risco geotécnico - manutenção de perímetros de salvaguarda de escombrelas e infra-estruturas com frentes de desmonte expostas - controlo do espectro de neofomações mineralógicas em escombrela ou cursos de água; III - recolha sistemática do registo documental - municipal, regional e central - e de narrativas e objectos associados a lavras antigas, criação de um espólio local ou municipal da actividade mineira, com classificação de objectos, testemunhos e documentos diversificados que remetam à mineração (documentação de apoio - desdobráveis, guias ou manuais); acompanhamento das várias fases de desmonte com vista à preservação de objectos de interesse (mineiro-mineralógico), classificação e arquivo dos mesmos, negociação com a Entidade para a visitação de infra-estruturas de acesso ao depósito (promoção da actividade junto da sociedade civil).	
I - inventário de recursos base e validação de ocorrências descritas em registos de manifesto e planos de lavra e relatórios de prospecção; II - revisão do espectro de neofomações mineralógicas, inventário de espécimes (fauna, flora - macro e micro) e controlo do ciclo ecológico na dependência de escombrelas e cursos de água receptores de drenagens de mina; sinalização e intervenção sobre zonas ou estruturas que constituam um risco geotécnico, dirigindo pequenas obras de estabilização de taludes e vestígios mineiros quando se reconheça maior valor patrimonial (comunicação, relação e parceria com a EDM); monitorização de zonas de acumulação e cursos de água - avaliação semestral de parâmetros expeditos, fisico-químicos e químicos; constituição de base de dados com parâmetros quantitativos ambientais, disponibilizáveis sob pedido; sinalização de perigosidade; III - recolha sistemática do registo documental - municipal, regional e central - e de narrativas e objectos associados a lavras antigas, criação de um espólio local ou municipal da actividade mineira, com classificação de objectos, testemunhos e documentos diversificados que remetam à mineração; promoção pedagógica (geologia, biologia, fisico-química, história, geografia) e científica; projecção de um circuito de visitação muito restrito e ilustrativo - painéis interiores (documentação de apoio - desdobráveis, guias ou manuais).	I - inventário de recursos base, validação de ocorrências descritas em registos de manifesto e planos de lavra; promoção de campanhas mineralométrica em cursos de água anexos ao EMa, negociação com o Estado para o conhecimento dos planos e acções de pesquisa e prospecção, troca de resultados geológicos, geofísicos, geoquímicos e de mineralometria relativos às zonas de ocorrências mineiras passadas; II - sinalização de zonas de risco geotécnico, desequilíbrio químico e sensibilidade ecológica - alargamento e vedação dos perímetros de salvaguarda de escombrelas e infra-estruturas com frentes de desmonte expostas - revisão do espectro de neofomações mineralógicas e controlo da extensão em que ocorrem, em escombrela ou cursos de água; negociação para a desobstrução e protecção de infra-estruturas de acesso mineiro antigas (com pesquisa em curso); negociação de planos de mitigação do impacte ambiental e áreas de salvaguarda com o Estado e a Entidade prospectora; projecção de circuitos de controlo e amostragem para estudo e monitorização de condições ambientais específicas; constituição, manutenção e divulgação de bases de dados dos parâmetros considerados de controlo. III - recolha sistemática do registo documental - municipal, regional e central - e de narrativas e objectos associados a lavras antigas, criação de um espólio local ou municipal da actividade mineira, com classificação de objectos, testemunhos e documentos diversificados que remetam à mineração; promoção científica do estudo de evolução de ambientes instáveis e vulneráveis; (documentação de apoio - desdobráveis, guias ou manuais); salvaguarda dos valores patrimoniais em negociação com a Entidade prospectora, com contrapartidas de valorização patrimonial.	I - inventário de recursos base, validação de ocorrências descritas em registos de manifesto e planos de lavra; promoção de campanhas mineralométrica em cursos de água anexos ao EMa, negociação com a Entidade Mineira de contrapartidas em urbanismo, recursos humanos e serviços de apoio directo ou indirecto à lavra; II - sinalização de zonas de risco geotécnico, desequilíbrio químico e sensibilidade ecológica - localização e manutenção de zonas de tratamento de resíduos e circulação de veículos com cargas poluentes - alargamento e vedação dos perímetros de salvaguarda de escombrelas e infra-estruturas com frentes de desmonte expostas - controlo do espectro de neofomações mineralógicas em escombrela ou cursos de água e a dispersão em que possam ocorrer; negociação com a Entidade mineira de planos de mitigação do impacte ambiental e áreas de salvaguarda, comunicação de acções de monitorização mensais e compilação/divulgação de bases de dados dos parâmetros considerados mais sensíveis; III - recolha sistemática do registo documental - municipal, regional e central - e de narrativas e objectos associados a lavras antigas, criação de um espólio local ou municipal da actividade mineira, com classificação de objectos, testemunhos e documentos diversificados que remetam à mineração; promoção científica do estudo de evolução de ambientes instáveis e vulneráveis em colaboração e com financiamento da própria Entidade mineira (produção de documentação de apoio - desdobráveis, guias ou manuais); negociação com a Entidade Mineira de planos de valorização patrimonial e salvaguarda de objectos e locais com maior singularidade; negociação com a Entidade para a visitação de infra-estruturas de acesso ao depósito (promoção da actividade junto da sociedade civil).	



# FCT

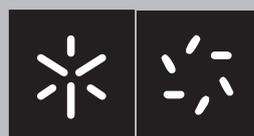
Fundação para a Ciência e a Tecnologia  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR



QUALIFICAR É CRESCER.



UNIÃO EUROPEIA  
Fundo Social Europeu



**CIG-R**  
Centro de Investigação Geológica,  
Ordenamento e Valorização de Recursos