



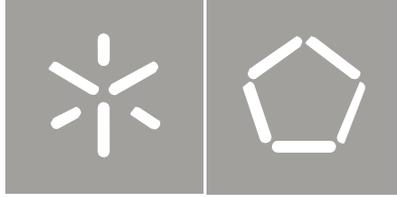
Universidade do Minho
Escola de Engenharia

IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CONTROLO DE PROCESSO
E PROJETO DE COQUILHA NUMA EMPRESA DE FUNDIÇÃO

Gilberto Martins Gonçalves

**Implementação de um Sistema de Controlo de
Processo e Projeto de Coquilha numa
Empresa de Fundição**





Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Gilberto Martins Gonçalves

**Implementação de um Sistema
de Controlo de Processo e
Projeto de Coquilha numa
Empresa de Fundição**

Tese de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Delfim Soares
Professor Doutor Joaquim Barbosa

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, } }_____

Assinatura : _____

Agradecimentos

O desenvolvimento desta dissertação foi influenciado por um conjunto de pessoas que estiveram diretas ou indiretamente envolvidos no desenvolvimento do meu trabalho. Desta form, gostaria de prestar os meus agradecimentos.

Em primeiro lugar, agradeço ao meu orientador o Professor Delfim Soares, que me acompanhou desde o início, mostrando uma disponibilidade e sentido de orientação que permitiu o desenvolvimento do plano de trabalho definido.

Ao Professor Joaquim Barbosa e Professor José Junqueira, pela colaboração no âmbito da Tecnologia de Fundição, dando indicações de extrema importância para o entendimento do processo.

Presto um agradecimento de igual relevo aos meus orientadores na empresa, o Engenheiro Frédérico Coelho e o Engenheiro Giles Gourguillon, por me terem dado a oportunidade de realizar a minha dissertação na DELABIE. As suas atitudes e estratégias de estabelecimento de objetivos facilitaram a intrusão na empresa, disponibilizando sempre os meios e autonomia necessária.

Agradeço ainda aos colaboradores da DELABIE pela sua prontidão a responder a todas as minhas dúvidas, mostrando uma atitude de comprometimento com a melhoria do seu trabalho.

Por último, um reconhecimento especial aos meus pais, pela confiança, estímulo e ajuda prestada ao longo de todo o meu percurso académico. A eles lhes devo.

Resumo

O presente trabalho enquadra-se no âmbito do Projeto de Dissertação inserido no Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Universidade do Minho 5 ° Ano. Este projeto teve como principais objetivos, a análise e implementação de sistemas de controlo no processo de fundição e o acompanhamento de projetos de coquilha desenvolvidos na empresa DELABIE, que se dedica à produção de torneiras e válvulas em latão.

Este trabalho iniciou-se com, uma revisão bibliográfica sobre temas ligados à tecnologia de fundição, vazamento por gravidade em moldação permanente, propriedades do latão e projeto de coquilha. Em paralelo, foram analisados os procedimentos da empresa, com principal incidência nas atividades de fusão, vazamento do latão e de projeto de coquilha.

A partir da identificação dos problemas nas Atividades de Produção do posto de trabalho Vazamento de Peças, foram implementadas modificações no seu ciclo de produção, *setup's* e perturbações do posto, permitindo aumentar a produção útil em 12%, melhorar a organização e uniformização das suas atividades.

No âmbito da implementação de Procedimentos de Controlo, estabeleceu-se no procedimento de carregamento do forno um limite máximo de 30% para refusão de gitos, registando-se nas análises químicas das amostras do banho do forno, uma diminuição do desvio padrão na percentagem dos elementos de liga. O procedimento de controlo dos banhos de grafitização das coquilhas introduziu, atividades de monitorização da densidade dos banhos e de adição de grafite, uniformizando a densidade para $1,070 \text{ g/cm}^3$. Os procedimentos de controlo dos parâmetros específicos de vazamento permitiram, criar uma base de dados das suas variáveis, sendo criados documentos de produção para cada uma das referências.

De modo a avaliar o processo de “Projeto de Coquilha” utilizado na DELABIE, selecionaram-se duas referências, descrevendo os problemas e decisões tomadas em cada fase até, estas serem validadas para produção. Algumas das decisões tomadas de forma empírica, foram estudadas com recurso a ferramentas de simulação de fundição (NovaFlow&Solid), comparando os seus efeitos com os resultados obtidos no *software*.

Palavras-chave: Controlo Processo; Fundição Moldação permanente; Vazamento por Gravidade; Latões para fundição; Projeto Coquilha; Programa Simulação.

Abstract

This work is presented in the context of the Project for Dissertation inserted into the Master in Mechanical Engineering, University of Minho 5th Year. This project had two main objectives, the implementation of control systems in the casting process and follow the development of permanent mold projects in DELABIE company, which is engaged in production of taps and valves in brass.

This work began with a literature review on issues related to foundry technology with permanent mold by gravity pour, properties of brass and the cast mold design. In parallel, the company's procedures were analysed, with the main focus on fusion, brass casting and permanent mold design activities.

From the identification of problems in the Production Activities on the PT Pouring, modifications were implemented in the production cycle, setup's and disorders of the stand, enabling the increase the useful production by 12%, improve the organization and standardization of activities.

In the implementation of control procedures, settled in the loading procedure the oven a maximum of 30% gating's remelt, registering on chemical analyses of samples from the furnace bath, a standard deviation decrease in the percentage of alloying elements. The control procedures for the shells graphitization introduced monitoring activities of the density of the baths and graphite added, standardizing the density to 1.070 g/cm³. The procedures for monitoring the specific pouring parameters allowed create a database of your variables and production documents being created for each reference.

In order to evaluate the process of "Project Die Casting" employed in DELABIE, 2 references were selected with problems, describing the problems and decisions taken until they are validated for production. Some of the decisions made empirically, were studied using the casting simulation (NovaFlow & Solid) tools, comparing its effects with those obtained in the software.

Keywords: Process Control; Permanent Mold Casting; Gravity Casting; Foundry Brasses; Die Casting Design; Simulation Program.

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	v
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xv
Índice de Equações.....	xvii
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento e Motivação	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de Investigação	2
1.3.1 Organização e Controlo da Produção.....	2
1.3.2 Projeto de Coquilha	3
1.4 Organização da dissertação.....	4
2 Apresentação da empresa.....	5
2.1 Identificação e Localização da Empresa.....	5
2.2 Principais Colaboradores/ Fornecedores	6
2.3 Produtos e Clientes.....	8
3 Revisão bibliográfica	9
3.1 <i>Lean Production</i>	9
3.1.1 <i>Tipos de desperdícios</i>	9
3.2 Tecnologia da Fundição	9
3.2.1 <i>Fundição em Moldação Permanente</i>	10

3.3	Projeto de Coquilha	15
3.3.1	<i>Conhecimento do Projetista</i>	15
3.3.2	<i>Material das Coquilhas</i>	16
3.3.3	<i>Condições Operatórias</i>	18
3.3.4	<i>Posição da peça na coquilha</i>	18
3.3.5	<i>Sistema de Enchimento</i>	19
3.3.6	<i>Sistema de Alimentação</i>	24
3.3.7	<i>Canais de Saída de Ar e Gases</i>	27
3.3.8	<i>Propriedades Térmicas da Coquilha</i>	28
3.4	Caracterização do Latão	31
3.4.1	<i>Processo de Fabrico</i>	31
3.4.2	<i>Tipos de Latões e suas Propriedades</i>	32
3.4.3	<i>Influência dos elementos sobre as propriedades dos latões</i>	36
3.4.4	<i>Afinação do grão dos latões</i>	40
4	Descrição Sistema de Produção	41
4.1	Sistema Geral de Produção da DELABIE	41
4.1.1	<i>Posto de Carregamento de Forno</i>	42
4.1.2	<i>Posto de Vazamento</i>	44
4.1.3	<i>Posto de Manutenção e Armazém de Ferramentas</i>	46
5	Análise crítica da situação atual e identificação de problemas	49
5.1	Análise da Organização da Produção	49
5.1.1	<i>Ciclo de Produção</i>	49
5.1.2	<i>Setup's</i>	50
5.1.3	<i>Perturbações</i>	51
5.1.4	<i>Ocupação do Posto de Vazamento</i>	53
5.1.5	<i>Fluxos de Abastecimento</i>	54

5.1.6	<i>Documentos do Posto de Trabalho</i>	55
5.2	Espaço e estrutura do Posto de Trabalho	56
5.3	Análise dos Sistemas e Procedimentos de Controlo	59
6	Implementação de Ações de Melhoria	63
6.1	Organização da Produção	63
6.1.1	<i>Modificação da Sequência do Ciclo de Produção PT Vazamento</i>	63
6.1.2	<i>Atividades de Setup</i>	64
6.1.3	<i>Perturbações</i>	65
6.1.4	<i>Ocupação do Posto de Vazamento</i>	66
6.1.5	<i>Fluxos de Abastecimento</i>	66
6.1.6	<i>Documentos dos Postos de Trabalho</i>	67
6.2	Espaço e estrutura de posto de Trabalho.....	70
6.3	Sistemas e Procedimentos de Controlo	74
6.3.1	<i>Controlo Matéria-prima (Latão)</i>	74
6.3.2	<i>Controlo de Banhos de Grafite</i>	85
6.3.3	<i>Controlo Parâmetros Vazamento</i>	92
7	Projeto de Coquilha.....	95
7.1	Gestão da Metodologia do Projeto	95
7.2	Identificação de Oportunidades	96
7.3	Caso de estudo (RP740B).....	96
7.4	Caso de estudo (MB700B)	107
8	Simulação de Vazamento por Modelação Computadorizada.....	119
8.1	Caso de Estudo e Caracterização da Modelação Computadorizada utilizada	120
8.2	Simulação de Teste Vazamento 1 (Proposta Projeto Coquilha Inicial)	121
8.3	Simulação de Teste Vazamento 2 (Modificação Sistema Enchimento)	124
8.4	Simulação de Teste de Vazamento 3 (Redução de Espessura Coquilha)	127

9	Conclusão	131
9.1	Considerações Finais.....	131
9.2	Trabalho futuro	133
	Referências bibliográficas	135
	Anexo I – Lista de Principais Referências produzidas na DELABIE- Portugal	139
	Anexo II – Descrição do Sector de Produção.....	143
	Anexo III – Modos Operatórios Gerais dos Postos de Trabalho	145
	Anexo IV – Identificação de Problemas.....	151
	Anexo V – Propostas de Ações de Melhoria.....	153
	Anexo VI – Diagrama de Sequência de Ciclo de Produção do PT Vazamento de Peças.....	157
	Anexo VII – Estudo de Ocupação do Posto de Vazamento.....	159
	Anexo VIII – Controlo de Análise Química do Latão	163
	Anexo IX – Controlo de Grafitização das Coquilhas.....	171
	Anexo X – Definição Matriz de Competências.....	173
	Anexo XI – Modos Operatórios Específicos Vazamento	175
	Anexo XII – Manual “Lista Ferramentas”.....	177
	Anexo XIII – Documentos Auxiliares dos Postos de Trabalho.....	179
	Anexo XIV – Fichas Técnicas de Produtos e Equipamentos.....	183
	Anexo XV – Documentos do PROJETO DE COQUILHA.....	185
	Anexo XVI – Procedimento Simulação utilizado em NovaFlow&Solid.....	195

Índice de Figuras

Figura 1 – Instalações da DELABIE: Braga (Parque industrial de Celeirós).....	5
Figura 2 – Exemplos de produtos produzidos pela DELABIE.	8
Figura 3 – Representação de Fundição em Moldação Permanente.....	12
Figura 4 – Obtenção de uma peça em moldação metálica (Barbosa, J., 2003).	13
Figura 5 – Representação da Orientação da Peça na coquilha para vazamento	18
Figura 6 – Representação esquemática de um sistema de enchimento.....	19
Figura 7 – Representação esquemática de um sistema de enchimento.....	20
Figura 8 – Velocidade do metal em função da altura de vazamento (Iberê, R., Duarte 2004).	21
Figura 9 – Ábaco para determinar o caudal nominal de enchimento da peça (Iberê, R., Duarte 2004).	22
Figura 10 – Formas para o canal de descida (Iberê, R., Duarte 2004).	22
Figura 11 – Secção transversal do canal de descida (Iberê, R., Duarte 2004).	23
Figura 12 – Representação de rechupe na superfície do fundido.	27
Figura 13 – Canal de Saída de ar e gases.	28
Figura 14 – Profundidade da saída de ar retangular (Iberê, R., Duarte 2004).	28
Figura 15 – Representação de coquilha com Espessura de parede da peça não uniforme.	29
Figura 16 – Representação de coquilha com Espessura de parede da peça uniforme.	29
Figura 17 - Efeito da espessura da moldação e da peça sobre a temperatura da moldação	29
Figura 18 – Diagrama de fases Cu-Zn (Joseph R., Davis).	32
Figura 19 – Variação das propriedades mecânicas com o título fictício de cobre dos latões.	40
Figura 20 – Layout da DELABIE.....	42
Figura 21 – Visão geral do posto F4-CF “Carregamento do Forno”	43
Figura 22 – Exemplos da carga adicionada ao forno.....	43
Figura 23 – Visão geral do posto F5-VA “Vazamento”.....	44
Figura 24 – Exemplo de peça produzida no posto vazamento.....	45
Figura 25 – Sequência de ações do PT Vazamento.	46
Figura 26 – Representação das etapas da sequência de produção em série.....	46
Figura 27 – Visão geral do posto F6-MF “Manutenção e Armazém de Ferramentas”	47
Figura 28 – Representação de Coquilha.	47
Figura 29 – Representação de Caixa de Machos.....	47
Figura 30 – Representação de referências de coquilha após serem efetuados os procedimentos de limpeza na DELABIE.....	47
Figura 31 – Representação sequência de trabalho PT-AF.....	48
Figura 32 – Representação de etapas da sequência do posto “Manutenção e Armazém de Ferramentas.	48
Figura 33 – Etapas do Tempo de Setup.	50

Figura 34 – Perturbações do posto de vazamento.....	52
Figura 35 – Fluxo de materiais das famílias de produção.	54
Figura 36 – Representação de carro de transporte de material para o PT carregamento.....	56
Figura 37 – Representação de camara de carregamento sem sistema de proteção.....	56
Figura 38 – Diagrama de deslocações da sequência de vazamento (PT Vazamento).	57
Figura 39 – Representação de problemas no posto de vazamento.	57
Figura 40 – Representação de problemas no posto de Manutenção e Armazém de ferramentas.	58
Figura 41 – Equipamentos de programação e controlo de máquinas coquilhadora.....	60
Figura 42 – Representação Painel de controlo do forno	61
Figura 43 – Representação de esquema de localização da sonda de temperaturas do banho do forno.61	
Figura 44 – Extrato de um manual de posto de trabalho. (Posto de vazamento)	68
Figura 45 – Exemplar de ficha de um “Modo Operatório específico”. (Referência MB700).....	69
Figura 46 – Representação da estrutura metálica de proteção da camara de carregamento do forno. 70	
Figura 47 – Equipamento e estruturas de transporte da carga para o posto de carregamento.....	70
Figura 48 – Representação de mesa e quadro de documentos do posto de vazamento e carregamento do forno.....	71
Figura 49 – Representação de novo esquema de posicionamento das máquinas e estruturas.	71
Figura 50 – Representação da mesa de trabalho do posto de vazamento.	72
Figura 51 – Representação placa removível de posicionamento vertical das peças.	72
Figura 52 – Representação de estrutura de apoio à troca de ferramentas (Coquilhas e Colheres).	73
Figura 53 – Representação das modificações realizadas no armazém de ferramentas.....	73
Figura 54 - Monitorização da carga adicionada ao forno no período de estudo químico.....	75
Figura 55 – Representação de amostras retiradas na DELABIE.	76
Figura 56 – Representação de Equipamento de análise química OXFORD Instruments X-STRATA.....	76
Figura 57 – Representação de Gráficos de percentagem de elementos nas amostras de lingote.	77
Figura 58 – Representação de Gráficos de percentagem de elementos nas amostras de Gito.....	79
Figura 59 – Representação de Gráficos de percentagem de elementos nas amostras do Forno.....	81
Figura 60 - Monitorização da carga adicionada ao forno no período de estudo químico em controlo... 83	
Figura 61 – Representação de Gráficos da percentagem de elementos nas amostras do Forno (análise DELABIE).....	84
Figura 62 – Representação de coquilha sem cobertura grafite (a), e com cobertura de grafite (b).	85
Figura 63 – Representação de densímetro gama 1,000-1,100 g/cm ³	88
Figura 64 – Representação Painel de Controlo de Máquina Coquilhadora.	92
Figura 65 – Representação de Monitorização de inclinação de coquilha para vazamento.	92
Figura 66 – Representação de controlo térmico da coquilha para validação de iniciação de produção. 93	
Figura 67 – Representação de diferenciação de zonas de limpeza da coquilha.	94
Figura 68 – Esquematização de Estrutura de desenvolvimento do Projeto de Coquilha.....	95
Figura 69 – Representação da referência RP740B. (Extrato de Desenho Técnico).....	96

Figura 70 – imagens da peça com problemas de enchimento.	98
Figura 71 – Análise térmica da coquilha RP740B, resultantes do teste 1.	98
Figura 72 – Esquema de análise causa-efeito resultante do teste1.	98
Figura 73 – Representação de resultados da alteração do posicionamento de gitagem.....	100
Figura 74 – Análise térmica da coquilha RP740B, resultantes do teste 2.	100
Figura 75 – Peça obtida no teste 2.....	101
Figura 76 – Representação 3D e localização do sistema de enchimento dimensionado para a referência RP740B.....	102
Figura 77 – Modificação da espessura de parede da coquilha.	103
Figura 78 – Representação de peça e coquilha resultante do teste vazamento 3.	103
Figura 79 – Análise térmica da coquilha RP740B, resultantes do teste 3.	103
Figura 80 – Fissuras das peças obtidas no teste 3, com registadas na zona 1 e 2 da peça.	104
Figura 81 – Esquema de análise causa-efeito resultante do teste 3.	104
Figura 82 – Representação de malha de nervuras realizada na superfície da coquilha.....	106
Figura 83 – Representação de malha de nervuras resultante na peça.	106
Figura 84 – Análise da superfície de zona assinalada após, criação de nervuras.	106
Figura 85 – Representação de coquilha e peça Referência MB700B	107
Figura 86 – Representação peça obtida por subcontratação Referência RP740B.....	107
Figura 87 – Representação de resultado obtido no teste 1, com problemas de enchimento.	108
Figura 88 – Esquema de análise causa-efeito resultante do teste1.	109
Figura 89 – Representação de simulação de novo sistema de enchimento (Vazamento Lateral).....	110
Figura 90 – Peça obtida no teste 2.....	111
Figura 91 – Representação de sistema de enchimento de empresa subcontratada (China).	112
Figura 92 – Representação de perfil e geometria do gito projetado.	112
Figura 93 – Representação de Modificações efetuadas (Sistema de Enchimento e espessura parede).	113
Figura 94 – Representação de peça após abertura de coquilha (Teste 2).	114
Figura 95 – Análise térmica da coquilha MB700B, resultantes do teste 2.....	114
Figura 96 – Representação do problema assinalado nas peças não conforme da amostragem.	114
Figura 97 – Esquema de análise causa-efeito resultante do teste 3.	115
Figura 98 – Representação de redução de matéria da coquilha teste 3.....	116
Figura 99 – Representação de modificação de canais de extração de gases teste 4.....	116
Figura 100 – Representação de peça obtida no teste vazamento 3.	117
Figura 101 – Análise térmica da coquilha MB700B, resultantes do teste 3.....	117
Figura 102 – Representação de modelação de componentes utilizados (Teste Vazamento 1 RP740B).	121
Figura 103 – Resultado de Flow&Solid (Shrinkage) com inclinação 20° Teste 1.....	122
Figura 104 – Resultado de Flow&Solid (Shrinkage) com inclinação 0° Teste 1.....	122
Figura 105 – Resultado de Flow&Solid (Shrinkage) com inclinação -20° Teste 1.	122
Figura 106 – Representação de modelação de componentes utilizados (Teste Vazamento 2 RP740B).	124

Figura 107 – Resultado de Flow&Solid (Shrinkage) com inclinação 40° Teste 2.....	125
Figura 108 – Resultado de Flow&Solid (Shrinkage) com inclinação 60° Teste 2.....	125
Figura 109 – Resultado de Flow&Solid (Shrinkage) com inclinação 80° Teste 2.....	125
Figura 110 – Representação de modelação de componentes utilizados (Teste Vazamento 3 RP740B).	127
Figura 111 – Resultado de Flow&Solid (Shrinkage) com inclinação 40° Teste 3.....	128
Figura 112 – Resultado de Flow&Solid (Shrinkage) com inclinação 60° Teste 3.....	128
Figura 113 – Resultado de Flow&Solid (Shrinkage) com inclinação 80° Teste 3.....	128
Figura 114 – Representação de dados de temperatura (TESTE 2) após vazamento (1,47s).	129
Figura 115 – Representação de dados de temperatura (TESTE 3) após vazamento (1,47s).	129
Figura 116 - Layout Piso 0 Sistema Produtivo DELABIE- Portugal.	143
Figura 117 – Diagrama DE Sequência Executante do PT Vazamento inicial.	157
Figura 118 - Diagrama DE Sequência Executante do PT Vazamento após modificações.	158
Figura 119 - Representação de ficha registo análise Química do banho, retificada.	168
Figura 120 - Representação folha de registo de carregamento do forno.	169
Figura 121 - Representação de folha de Controlo Banho Grafite afixada no PT.....	172
Figura 122 – Definição Posto Chefe de Equipa.....	173
Figura 123 – Definição Posto Vazador Formador.....	174
Figura 124 – Definição Posto Chefe de Equipa.....	174
Figura 125 – Representação de exemplares de documentos “Modos Operatórios Específicos”.	175
Figura 126 – Representação de extrato de manual “Lista de Ferramentas”.	177
Figura 127 - Representação documento de Regras de Ouro do Vazador.	179
Figura 128 – Folha Esquema de Montagem Maxilas e Coquilha.....	180
Figura 129 – Representação de Ficha de Manutenção de Ferramentas.....	181
Figura 130 – Ficha técnica Graficol 85.	183
Figura 131 – Ficha de aditivos de manutenção do banho do forno.....	184
Figura 132 – Desenho Técnico de Fundição Referência RP740B.....	185
Figura 133 – Desenho Técnico de macho RP740B.....	186
Figura 134 – Desenho Técnico de Coquilha de Projeto Inicial RP740B.....	187
Figura 135 – Desenho Técnico alteração de Sistema de Enchimento proposta RP740B.....	188
Figura 136 – Desenho Técnico de Coquilha Após modificações de projeto RP740B.....	189
Figura 137 – Desenho Técnico de Fundição Referência Mb700B.....	191
Figura 138 – Desenho Técnico macho Referência MB700B.....	192
Figura 139 – Desenho Técnico alteração de Sistema de Enchimento proposta MB700B.....	193
Figura 140 – Desenho Técnico de Coquilha Após modificações de projetoMB700B.....	194
Figura 141 - Ficha técnica de material utilizado no fabrico de coquilhas.....	201

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Dados da empresa.	6
Tabela 2 – Principais colaboradores da DELABIE.	7
Tabela 3 – Principais fornecedores da DELABIE.	7
Tabela 4 – Valores da contração de solidificação para vários metais e ligas metálicas.....	24
Tabela 5 – Condutividade térmica de materiais de coquilha (Soares, G. 2000).	30
Tabela 6 – Composição química, propriedades e estrutura de latões binários (Joseph R., Davis).	34
Tabela 7 – Breve descrição das tarefas realizadas nos Postos da empresa.	41
Tabela 8 – Características da tecnologia de fundição utilizada no posto de trabalho.....	45
Tabela 9 – Extrato do diagrama de sequência do posto de Vazamento.	50
Tabela 10 – Tempos e Deslocações necessários para realizar as atividades de Setup do Posto de Vazamento.....	51
Tabela 11 – Comparação das causas de Perturbação (Posto Vazamento) durante um turno.....	53
Tabela 12 – Quadro resumo de análise de esforços no fluxo de materiais.	55
Tabela 13 – Extrato do diagrama de sequência do posto de Vazamento.	63
Tabela 14 – Tempos e Deslocações necessários para realizar as atividades de Setup do Posto de Vazamento.....	64
Tabela 15 – Comparação das causas de Perturbação (Posto Vazamento) durante um turno.....	66
Tabela 16 – Quadro resumo de esforço no fluxo de materiais com a alteração de sistema de abastecimento.	67
Tabela 17 – Critérios de amostragem de estudo metalográfico.	74
Tabela 18 – Elementos analisados pelo equipamento de análise química laboratório DELABIE.....	76
Tabela 19 - Gamas de controlo de Elementos de ligas analisadas na DELABIE. Norma NF EN 1982.....	76
Tabela 20 – Critérios de amostragem de análise Química do Latão.	83
Tabela 21 – Características Referência de conformidade de Banho de Grafite.....	86
Tabela 22 – Caracterização Grafite utilizada nos banhos de grafite do Posto de Vazamento.	87
Tabela 23 – Registo de valores de densidade dos banhos de grafite do PT Vazamento.....	88
Tabela 24 – Tabela de relação de Densidade registada e quantidade de grafite adicionada ao banho..	90
Tabela 25 – Características principais da referência RP740B	97
Tabela 26 – Parâmetros de vazamento realizado no teste 1.....	97
Tabela 27 – Parâmetros de vazamento realizado no teste 2.....	100
Tabela 28 – Características principais da referência MB700B.....	107
Tabela 29 – Parâmetros de vazamento realizado no teste 1.....	108
Tabela 30 – Parâmetros de vazamento realizado no teste 2.....	110
Tabela 31 – Quadro resumo de resultados de Teste Vazamento 1 para diferentes inclinações.	123
Tabela 32 – Quadro resumo de resultados de Teste Vazamento 1 para diferentes inclinações.	126

Tabela 33 – Quadro resumo de resultados de Teste Vazamento 1 para diferentes inclinações.	130
Tabela 34 – Comparação de Resultados de temperatura do Teste 1 e 2 nos pontos definidos.	130
Tabela 35 – Tipos de produtos fabricados fabricadas.....	139
Tabela 36 – Síntese dos problemas encontrados.....	151
Tabela 37 – Plano de ações	153
Tabela 38 – Tempos de ocupação dos vazadores no posto de Vazamento durante o turno.	159
Tabela 39 - Resultados médios de ocupação posto vazamento por turno.	160
Tabela 40 – Tempos de ocupação dos vazadores no posto de Vazamento durante o turno.	160
Tabela 41 – Resultados médios de ocupação posto vazamento por turno.	161
Tabela 42 – Carregamentos do forno durante no período de estudo químico do latão.....	163
Tabela 43 – Dados de análise química das amostras retiradas para o estudo da DELABIE	164
Tabela 44 – Dados de análise química das amostras retiradas para o estudo da AFICA	165
Tabela 45 - Carregamentos do forno com atividades de controlo durante no período de estudo químico do latão.	166
Tabela 46 – Dados de análise química das amostras retiradas em controlo da DELABIE	166
Tabela 47 – Dados registados na monitorização dos banhos de grafite.	171

Índice de Equações

Equação 1	21
Equação 2	21
Equação 3	23
Equação 4	25
Equação 5	26
Equação 6	26
Equação 7	26
Equação 8	26
Equação 9	37
Equação 10	37
Equação 11	89
Equação 12	130

1 Introdução

Neste capítulo faz-se um breve enquadramento ao tema deste projeto bem como uma descrição dos objetivos, da metodologia de investigação e da forma como está organizada a dissertação.

1.1 Enquadramento e Motivação

A evolução dos processos e a globalização permitiu que diversas empresas instalassem ou subcontratassem parte do processo produtivo em outros países, possuindo os meios e *know-how* para produzir os mais modernos produtos. No entanto, com a natureza cada vez mais dinâmica do mercado e com o aumento da concorrência, impõe que as empresas tenham uma atitude pró-ativa. A pro-atividade da empresa reflete-se na capacidade de adaptação às tendências do mercado e, acima de tudo, na inovação e no desenvolvimento de produtos e conceitos novos e inovadores. Como resposta a estes novos parâmetros, as empresas tem de adotar novas abordagens de projeto e produção de forma a melhorar os seus sistemas produtivos, garantindo a competitividade no mercado e a satisfação dos requisitos do cliente.

É neste contexto que surgem as atividades de controlo do processo produtivo, que através da aplicação de diversas ferramentas e procedimentos de intervenção na produção, se estabelece como objetivo convergir para situações de otimização do processo. Este controlo permite assim novas abordagens e ligações com a fase de projeto do produto, que passa pela diminuição dos desperdícios e a criação de valor.

Pelo facto de a empresa DELABIE S.A. *Robinetterie Sanitaire* ter instalado recentemente em Portugal uma unidade produtiva no setor da indústria de fundição, esta encontra-se numa fase de adaptação do seu setor de produção. Sendo a tecnologia de fundição, influenciada por diversos parâmetros e variáveis, torna-se de enorme importância desenvolver uma estratégia que promova o conhecimento dos processos e o seu controlo. Neste sentido, este trabalho é visto como uma oportunidade de aprofundar conhecimentos no âmbito da tecnologia de fundição em meio industrial, sendo desenvolvido num período da empresa muito interessante, devido ao elevado número de problemas e oportunidades de melhoria registados.

1.2 Objetivos

O objetivo principal desta dissertação foi a avaliação e estudo dos processos produtivos utilizados na empresa, interligando a fase de projeto com a fase de fabrico através de um trabalho de acompanhamento das ações de melhoria implementadas:

- Análise dos problemas e estratégias de desenvolvimento da empresa;
- Estudo de atividades de controlo, de organização, melhoria do espaço de produção;
- Implementação e acompanhamento de atividades de controlo;
- Criar documentos de registo e monitorização do processo;
- Normalizar Modos Operatórios e respetivos procedimentos de trabalho;
- Acompanhar desenvolvimento de Projetos de Coquilha;
- Desenvolver o estudo de defeitos de fundição;
- Efetuar estudo do processo de vazamento/ solidificação em *software* de simulação de fundição, comparando os seus resultados com os obtidos em testes práticos;
- Reduzir desperdícios e custos promovendo a melhoria continua do Sistema de Produção.

1.3 Metodologia de Investigação

Neste projeto distinguem-se as metodologias de trabalho utilizadas na vertente de organização e controlo da produção e na vertente de projeto de coquilha, que apesar de representarem domínios de estudo distintos, estão intimamente relacionados.

1.3.1 Organização e Controlo da Produção

Para atingir os objetivos desta dissertação, usou-se como princípio de investigação a metodologia *Action Research*. Esta metodologia é caracterizada por uma investigação ativa onde há o envolvimento do investigador, como de todas as pessoas envolvidas no projeto (o *brien, 1998*). Esta metodologia de investigação envolve um ciclo de cinco fases: o diagnóstico, o planeamento de ações, a implementação de ações selecionadas, a avaliação do resultado dessas ações e a especificação de aprendizagem numa síntese de principais resultados atingidos.

Assim, seguindo a primeira fase da metodologia *Action Research*, fez-se na empresa um diagnóstico e análise crítica da situação atual do sistema produtivo, com o objetivo de

identificar problemas que podiam ser resolvidos. Para conhecer o processo produtivo, foi necessário analisar documentos da empresa e recolher informações junto dos colaboradores, tendo como principal foco, as atividades desenvolvidas no âmbito do controlo e monitorização de parâmetros de fundição.

Na fase seguinte, propuseram-se melhorias para os problemas anteriormente identificados, elaborando um plano de ações onde se identificou a forma de atuação para cada proposta. Quando o plano de ações foi devidamente estudado e aprovado, foi possível partir para a sua implementação. De referir que esta fase do processo foi executada de forma progressiva e diferenciada, sendo as medidas implementadas ao longo do período do trabalho.

Na penúltima fase da metodologia *Action Research*, fez-se uma análise e discussão dos resultados obtidos. Nesta análise constou uma comparação entre a situação atual e a situação proposta para se compreenderem os benefícios das alterações sugeridas.

Na última etapa, fizeram-se propostas para trabalho futuro de melhorias que não puderam ser implementadas e/ou de assuntos relevantes para dar continuidade a este projeto, sempre com foco na melhoria contínua.

1.3.2 Projeto de Coquilha

Pelo facto de as coquilhas e caixas de machos serem novas ou estarem a ser introduzidas provenientes das empresas que eram subcontratadas, foi necessário um trabalho contínuo na adaptação destas ferramentas às condições e parâmetros exigidos pela DELABIE.

Esta vertente do trabalho apresentou-se de carater prioritário para a empresa, visto se tratar de um fator decisivo para numa primeira fase começar a produzir, e de otimização de custos e incremento da produção e qualidade numa fase posterior.

Deste modo, efetuaram-se alterações nos parâmetros de vazamento e de projeto das coquilhas, sendo registados os valores térmicos e dimensionais resultantes destas alterações.

Para se ter um conhecimento do efeito destas modificações, foi utilizada uma metodologia de evolução “passo a passo”, ou seja, alterou-se uma propriedade de cada vez, através da construção e análise de diagramas defeito-solução, com o objetivo de convergir o projeto para os resultados pretendidos.

Pelo facto de algumas decisões do projeto de coquilha serem tomadas de forma empírica, verificando sempre os seus resultados com testes práticos, foi introduzido no projeto uma

componente de simulação de vazamento computacional, que permita comparar e validar soluções propostas.

1.4 Organização da dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em 10 capítulos. No **capítulo 1** é feita a introdução ao trabalho, onde se faz um enquadramento e apresenta a motivação para desenvolver este projeto, se definem os objetivos, identificando-se a metodologia de investigação.

No **capítulo 2** faz-se a apresentação da empresa, identificam-se o tipo de produtos produzidos, seus fornecedores e principais clientes.

No **capítulo 3** faz-se uma revisão bibliográfica com enfoque nas ferramentas de análise da produção, Tecnologia de Fundição, Projeto de coquilhas e Caracterização de Latões para Fundição.

No **capítulo 4** faz-se a descrição do funcionamento do sistema de produção da DELABIE, identificando-se os postos de trabalho e suas principais atividades.

No **capítulo 5** é feita uma análise crítica da situação inicial e identificação de problemas encontrados nos Postos de Trabalho abordados.

No **capítulo 6** são apresentadas propostas de melhoria com base nos problemas encontrados.

No **capítulo 7** são selecionados os casos de estudo com desenvolvimento de projeto de coquilha, sendo descrita a evolução ao longo das fases do processo.

No **capítulo 8** apresenta-se o estudo da modelação do vazamento no *software* NovaFlow&Solid, sendo simuladas algumas das decisões tomadas em projeto.

No **capítulo 9** apresentam-se as conclusões e os resultados obtidos com este trabalho e faz-se ainda referência às oportunidades e propostas de melhoria para trabalhos futuros.

2 Apresentação da empresa

Neste capítulo faz-se a apresentação da empresa com referência a aspetos como a sua identificação e localização, o historial, posicionamento no mercado, estrutura organizacional, os principais fornecedores e clientes (destinatários), referindo ainda os produtos produzidos.

2.1 Identificação e Localização da Empresa

A DELABIE Lda., é uma empresa de capitais exclusivamente franceses, que se dedica a conceção, fabricação, e distribuição de válvulas e componentes sanitários desde 1928. A sede da empresa encontra-se situada em *Friville-França*, sendo o seu processo produtivo realizado em unidades existentes na França, Alemanha, Bélgica, China e Portugal.

Com um volume de produção anual de 5 milhões de peças, a DELABIE apresenta um registo de vendas em cerca de 60 países.

Em Portugal, o grupo DELABIE iniciou atividade em 2012, localizando a sua unidade no parque industrial de Celeirós com a designação de DELABIE Portugal Lda. Sendo até então a totalidade dos serviços de fundição garantidos por subcontratação, a instalação desta fábrica, representa uma estratégia de voltar a incorporar as atividades de fundição na empresa, sendo a única unidade com atividades de fundição no grupo.

Na Figura 1, é apresentada uma vista exterior das instalações da DELABIE Portugal.



Figura 1 – Instalações da DELABIE: Braga (Parque industrial de Celeirós).

Na Tabela 1 apresentam-se alguns dados identificativos sobre a empresa em Portugal.

Tabela 1 – Dados da empresa.

Dados da Empresa DELABIE em Portugal	
Nome	DELABIE, Lda.
Logótipo	
Data de Fundação	04/6/2012
Morada da Sede	Parque Industrial de Celeirós, 2ª Fase Avenida Eng.º. J. Rolo; Lote nº1
Localidade	Celeiros – BRAGA
Código Postal	4705-414
Telefone Fax	253694283
E-mail	frederico.coelho@delabie.pt (Eng. Frédéricó Coelho)
Homepage	www.delabie.com
Área de Atividade	Indústria de Fundição
Responsáveis Empresa	Frédéricó Coelho / Giles Gourguillon

2.2 Principais Colaboradores/ Fornecedores

No fabrico de algumas referências, a estrutura produtiva da DELABIE conta com uma componente de subcontratação nas diferentes fases do processo, tendo a participação destes colaboradores de cumprir com os requisitos estabelecidos pela empresa, de forma a garantir a conformidade de todo o processo.

A unidade da DELABIE em Portugal, insere-se na indústria de fundição, desenvolvendo principalmente atividades de produção de machos, vazamento de latão, corte e grenalhagem. O restante processo é desenvolvido em outras unidades da DELABIE ou por subcontratação.

De acordo com a referência a produzir e necessidades estratégicas de produção, algumas destas atividades podem ser paralelamente realizadas por outras empresas. No entanto, estas situações têm tendência a diminuir ou ser eliminadas com a evolução e estabilização da empresa em Portugal.

Na Tabela 2 apresentam-se os principais colaboradores da empresa, sendo indicado as suas atividades e materiais fornecidos.

Tabela 2 – Principais colaboradores da DELABIE.

Colaborador	Atividades Desenvolvidas para DELABIE	Material Fornecido
Fabrimachos	<ul style="list-style-type: none"> Fabrico e Pintura de Machos Areia; 	Machos Areia
SILCA	<ul style="list-style-type: none"> Fundição em Moldação Permanente; Corte e Grenalhagem. 	Peças obtidas por fundição.
TorniMinho	<ul style="list-style-type: none"> Polimento; Maquinagem peças. 	Peças na fase pós maquinagem.
MAF	<ul style="list-style-type: none"> Cromagem. 	Peças na fase pós cromagem
ASM Torneiras	<ul style="list-style-type: none"> Polimento; Maquinagem; Cromagem. 	Peças na fase pós cromagem
COQUIMOLD	<ul style="list-style-type: none"> Fabrico e retificação de moldações metálicas 	Coquilhas, Caixas de Machos
MF-Miguel Faria	<ul style="list-style-type: none"> Fabrico e retificação de moldações metálicas 	Coquilhas, Caixas de Machos

Sendo um processo de transformação, existe um conjunto de materiais e produtos que são consumidos, entre os quais se destacam pela sua importância no processo o lingote de latão, areia de produção de machos e aditivos utilizados nestes setores.

Na Tabela 3 apresentam-se os principais fornecedores da empresa, suas atividades e produtos fornecidos.

Tabela 3 – Principais fornecedores da DELABIE.

Fornecedor	Atividades Desenvolvidas	Material Fornecido
AFICA	<ul style="list-style-type: none"> Refinação e comercialização de Ligas de Cobre; 	<ul style="list-style-type: none"> Lingote de Latão
FOSECO	<ul style="list-style-type: none"> Fabrico e comercialização Produtos Fundição; 	<ul style="list-style-type: none"> Aditivos do banho forno.
FUNDIPOR	<ul style="list-style-type: none"> Fabrico e Comercialização Produtos fundição. 	<ul style="list-style-type: none"> Areia Fabrico Machos; Aditivos areias (Resina, Conservador, Endurecedor, tintas); Grafite Banhos Coquilhadoras; Granalha;

2.3 Produtos e Clientes

A DELABIE Lda., dedica-se à fabricação e distribuição de válvulas e componentes sanitários, tais como, torneiras, passadores, misturadores entre outros. Estes produtos são produzidos em latão por fundição, sofrendo posteriormente outras operações de manufatura e tratamentos. Estes contem ainda componentes internos em borracha e plástico bem como sistemas de sensores de utilização. Na Figura 2 são apresentados alguns exemplares de produtos finais da DELABIE. No Anexo I, encontra-se uma listagem das principais referências produzidas na DELABIE- Portugal.



Figura 2 – Exemplos de produtos produzidos pela DELABIE.

Devido ao projeto ser desenvolvido na unidade da DELABIE em Portugal, apenas serão abordados os produtos em bruto de fundição, sendo as fases posteriores executadas em outras unidades da empresa apenas referenciadas.

Apesar de o mercado de válvulas e componentes sanitários ser, um mercado muito competitivo, a DELABIE distingue-se num setor de maior qualidade e fiabilidade dos produtos. Neste grupo mais restrito de empresas, a DELABIE afirma-se como uma das maiores empresas da área, tendo aumentado a sua participação no mercado e mesmo absorvendo outras empresas que complementam os seus serviços.

A sua estratégia de distribuição e vendas é, dirigida para os seguintes segmentos de mercado:

- Hotéis;
- Hospitais;
- Aeroportos;
- Complexos desportivos;
- Casas banho Públicas;
- Restaurantes;
- Edifícios Públicos.

3 Revisão bibliográfica

Neste capítulo é realizada uma revisão bibliográfica da análise e identificação de desperdícios no sistema produtivo. Um outro domínio abordado tem a ver com a tecnologia da fundição, onde se explora e caracteriza o vazamento por gravidade em moldação permanente, o projeto de coquilha e seus procedimentos. Por fim faz-se uma caracterização de Latões para fundição.

3.1 Lean Production

Segundo *Womack J.- (1990) Lean Production* é um modelo organizacional de produção que tem como objetivo a eliminação dos desperdícios e a criação de valor e que, comparada com a produção em massa, é extremamente vantajosa pois necessita de menos recursos (mão-de-obra, espaço, capital, planeamento) o que resulta numa maior produtividade. Esta é a ideia chave do *Lean Production* “*doing more with less*”.

3.1.1 Tipos de desperdícios

O conceito de desperdício é normalmente definido como toda a atividade que não acrescenta valor ao produto mas que aumenta o seu custo e pela qual o cliente não está disposto a pagar (*Ohno, 1988; Shingo, 1989; Womack & Jones 2003*).

Neste sentido, compreende-se que a definição de desperdícios está intrinsecamente relacionada com o conceito de valor. Assim, a melhor forma de reconhecer os desperdícios é identificar e distinguir as atividades que acrescentam valor daquelas sem qualquer valor acrescentado (*Carvalho, 2008*).

Ohno (1988) e Shingo (1989) identificaram os sete principais tipos de desperdícios que podem existir num sistema de produção: sobreprodução, esperas, transportes, processamento incorreto, *stocks*, defeitos e trabalho desnecessário.

3.2 Tecnologia da Fundição

Na atualidade a Tecnologia da Fundição é apresentada e definida de diversas formas, de acordo com as funcionalidades e objetivos conferidos. No entanto, uma das mais exatas e objetivas definições é aquela que a identifica como uma *técnica de obtenção de objetos*

metálicos por vazamento de um metal, ou liga metálica, no estado líquido, no interior de uma cavidade que tem a forma desejada para a peça a obter, e que seja dimensional e geometricamente estável, para permitir a solidificação do metal líquido no seu interior, mantendo a forma e dimensões pretendidas para o produto final (Barbosa, J., 2003).

A fundição está atualmente na base de quase toda a atividade industrial. Peças geometricamente complexas e de qualquer dimensão podem atualmente ser produzidas por fundição, em qualquer tipo de liga e qualquer que seja a sua futura aplicação. O desenvolvimento industrial verificado nos séculos XIX e XX conduziu naturalmente ao forte desenvolvimento das técnicas de fundição, de tal forma que se estima que atualmente se verifica a incorporação de fundidos em mais de 90% dos equipamentos, ferramentas e utensílios existentes (Barbosa, J., 2003).

Com esta influência sobre a cadeia do processo produtivo, é de enorme importância a implementação de uma estratégia de desenvolvimento de competências sobre as tecnologias e processo de fundição utilizadas, permitindo uma melhor análise dos seus produtos, e promover a otimização dos processos associados.

3.2.1 Fundição em Moldação Permanente

Os processos de fundição que utilizam moldação metálica, ou permanente, contrariamente a outros processos de fundição, utilizam uma única moldação para obtenção de dezenas ou centenas de milhares de peças (Barbosa, J., 2003).

A utilização de moldações metálicas permanentes coloca, na sua fase de projeto, um problema que não se verifica nos restantes processos de fundição: a necessidade de retirar o fundido, depois de solidificado, do seu interior, sem provocar danos quer nas coquilhas, quer nos próprios fundidos. Esta necessidade obriga, frequentemente, à conceção de moldações constituídas por várias peças, utilizando mais do que uma superfície de apartação, e possuindo, na maioria dos casos, sistemas de extração das peças, mais ou menos complexos (Barbosa, J., 2003).

A temperatura da coquilha (termo habitualmente utilizado para designar as moldações metálicas) é de importância vital para as características dos fundidos a obter. Com efeito, temperaturas de coquilha demasiado elevadas conduzem, entre outros, a baixas propriedades mecânicas das peças, como consequência de uma deficiente estrutura metalográfica,

resultante de uma velocidade de arrefecimento demasiado baixa. Por outro lado, temperaturas de coquilha demasiado baixas conduzem a enchimento incompleta da peça, má formação geométrica dos fundidos, podendo ainda provocar defeitos de solidificação - rechupes -, por ineficiência do sistema de alimentação implantado (Barbosa, J., 2003).

Na maioria dos casos, a temperatura "ideal" da coquilha é facilmente alcançável durante o processo repetitivo de produção, pelo que o seu ajuste, por aquecimento, apenas é necessário no início do período de trabalho e períodos relativamente prolongados de interrupção da produção. Neste caso, o aquecimento é efetuado através de um simples queimador de chama direta ou, preferencialmente, por introdução da coquilha num forno elétrico, antes de se iniciar o ciclo de produção. Em produção contínua, as moldações atingem facilmente 300 ou 400°C após vazamento, pelo que é normalmente necessário evitar que a temperatura se eleve demasiado. Nesse sentido, para além de periodicamente se proceder ao revestimento da superfície da coquilha com material refratário, é necessário prever, na fase de projeto o sistema de refrigeração da coquilha, que depende do tipo de equipamento e grau de automatização utilizado no processo de vazamento. As soluções mais utilizadas no vazamento em coquilha são o arrefecimento por emulsão em banhos, ou por circulação interior de um fluido de arrefecimento (Barbosa, J., 2003).

As considerações de ordem construtiva, associadas à elevada precisão dimensional com que as coquilhas necessitam ser fabricadas e à especificidade dos materiais utilizados na sua construção, tornam as ferramentas utilizadas nesta família de processos muito dispendiosas. Assim, a utilização dos processos de fundição em moldação permanente fica limitada à produção de médias e grandes séries de fundidos, de formas geométricas simples, e não apresentando grandes variações de secção (Barbosa, J., 2003).

A utilização de moldação metálica tem como vantagens principais, relativamente aos outros tipos de moldação:

- Cadências de produção superiores;
- Custo de produção inferior (Para cadencias de produção e valor de obra apropriados);
- Melhor acabamento superficial dos fundidos, em relação a algumas tecnologias (fundição em areia);
- Melhores propriedades mecânicas dos fundidos, como consequência de uma maior velocidade de arrefecimento;

- Maior facilidade de automatização total do processo

Este tipo de tecnologia apresenta, entre outras, as seguintes desvantagens:

- Custo inicial das ferramentas mais elevado;
- Custo de equipamentos mais elevado;
- Limitação ao tipo de liga vazável
- Limitação à geometria pretendida para os fundidos.

Os 3 principais processos que utilizam moldação metálica, diferem entre si na forma como é efetuado o vazamento do metal existindo algumas variantes dentro do mesmo processo:

- Moldação permanente com vazamento por gravidade (vulgarmente designado por “Coquilha por gravidade”);
- Moldação permanente com vazamento sob pressão (vulgarmente designado por “Fundição injetada”);
- Moldação permanente com vazamento no estado semi-líquido (vulgarmente designado por “*Squeeze Casting*”)

Neste trabalho, será dada importância ao processo de “Coquilha por gravidade”, sendo a tecnologia utilizada no processo de Fundição da DELABIE.

3.2.1.1 Moldação Permanente com vazamento por gravidade

O processo de fundição em moldação metálica com vazamento por gravidade consiste em obter um fundido a partir do vazamento de metal líquido no interior de uma moldação metálica (ver Figura 3), sendo o enchimento conseguido através da (simples) ação da força de gravidade (Barbosa, J., 2003).

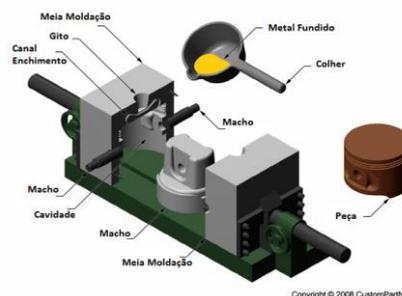


Figura 3 – Representação de Fundição em Moldação Permanente

O vazamento pode ser efetuado de forma direta sobre a própria cavidade, ou pela parte inferior da mesma, segundo o princípio dos vasos comunicantes. Independentemente do desenho do sistema de enchimento, esta operação deverá ser efetuada simultaneamente com um movimento de basculamento da moldação, por forma a diminuir a turbulência gerada durante a operação. Por outro lado, iniciando-se o vazamento com a moldação numa posição próxima da horizontal, consegue-se que durante toda a fase de enchimento, todo o ar presente no interior da coquilha esteja sempre numa posição superior relativamente ao metal líquido, o que facilita o seu escoamento através dos canais previstos para esse fim, ou através dos próprios alimentadores (ver Figura 4) (Barbosa, J., 2003).

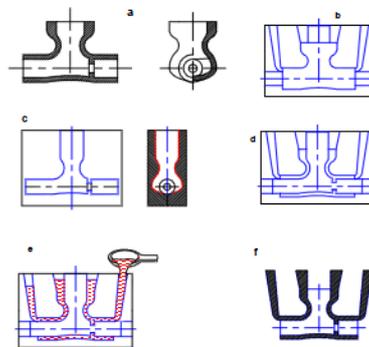


Figura 4 – Obtenção de uma peça em moldação metálica (Barbosa, J., 2003).

À semelhança das moldações fabricadas noutros materiais, também as moldações metálicas utilizadas neste processo incorporam, para além do sistema de enchimento, o sistema de alimentação dos fundidos. Nas moldações metálicas é ainda particularmente importante a execução de canais de escoamento de ar e gases, uma vez que este tipo de moldações não possui qualquer permeabilidade. Por este motivo, o conhecimento exato da sequência de enchimento da moldação é aqui fundamental, e muito mais importante que nos processos de moldação de areia (Barbosa, J., 2003).

A sequência de operações destinadas a obter uma peça fundida por este processo é a seguinte:

1. Ajuste da temperatura da moldação;
2. Revestimento do interior da moldação com tinta refratária;
3. Colocação de Machos (Caso existam cavidades na peça)
4. Fecho da Moldação;

5. Vazamento do metal;
6. Tempo de espera até solidificação da peça;
7. Abertura da moldação;
8. Extração da peça.

As operações 1 e 2 não são, normalmente, efetuadas em todos os ciclos, pelo que em produção contínua, após extração da peça - passo 8 - retoma-se o ciclo no passo 2. A operação de ajuste da temperatura da moldação é efetuada periodicamente, podendo consistir numa operação de aquecimento ou arrefecimento da coquilha, a intervalos de tempo regulares, mais ou menos longos, cuja periodicidade depende de vários fatores (Barbosa, J., 2003):

- Temperatura de vazamento do metal;
- Volume da peça a vaziar;
- Geometria da peça a vaziar;
- Espessura da moldação;
- Cadência de vazamento;
- Material refratário utilizado.

As moldações permanentes podem ser operadas manualmente, ou aplicadas a equipamentos de manuseamento mais ou menos automatizados. Os equipamentos de manuseamento mais vulgarmente utilizados consistem em prensas de abertura / fecho das coquilhas, equipados com um sistema de rotação / basculamento das moldações, no momento do vazamento. As versões mais simples destes equipamentos, para além de executarem os movimentos atrás referidos, segundo uma, duas ou três direções principais, permitem apenas a programação do parâmetro tempo relativo às várias fases do processo. Outras versões destes equipamentos, mais complexas, para além das funções referidas, poderão ter acoplados mecanismos de extração automática da peça bem como dispositivos de vazamento. Sistemas automáticos de colocação de machos, poderão igualmente estar incluídos (Barbosa, J., 2003).

O processo de fundição em coquilha com vazamento por gravidade, é atualmente utilizado para o vazamento de produtos diversos em ligas de baixo ponto de fusão - ligas de alumínio, cobre, zinco e magnésio -, sendo no entanto possível obter peças em ferro fundido, embora não seja essa a principal área de aplicação deste processo (Barbosa, J., 2003).

3.3 Projeto de Coquilha

“A qualidade da peça fundida depende, antes de mais nada da qualidade e precisão com que o modelo é fabricado.”

O projeto de coquilha representa as atividades de conceber e fabricar um conjunto de ferramentas que permita desenvolver o processo de fundição de acordo com os parâmetros estabelecidos, cumprindo os requisitos estabelecidos para um determinado produto (Andresen, B., 2005).

Num processo industrial, obter uma peça com os requisitos pretendidos, diretamente do projeto, sem que ocorram ajustes representa uma tarefa de elevada dificuldade. É de enorme importância, o conhecimento com o maior detalhe possível, dos valores de parâmetros e condições em que ocorre o processo de vazamento, de forma a promover uma otimização do projeto, e uma convergência dos resultados teóricos com os verificados em meio industrial.

Com o surgimento de novas tecnologias e ferramentas de apoio onde se destacam os simuladores de enchimento e solidificação, o controlo de parâmetros térmicos, metalográficos, automatização de movimentos de equipamentos, entre outros, é possível fazer uma troca de informação com maiores proveitos para a produção, sendo mesmo possível reduzir os períodos das fases de projeto (Iberê, R., Duarte 2004).

3.3.1 Conhecimento do Projetista

A equipa de projeto deve apresentar um domínio sobre diversos fenómenos, parâmetros e suas influências sobre o processo. Para tal devem ser adquiridos conhecimentos das seguintes áreas (Iberê, R., Duarte 2004):

- Metalurgia das ligas
- Solidificação das ligas;
- Dilatação e contração do metal (tolerâncias dimensionais e ajustes);
- Comportamento do fluxo de metal;
- Sistema de Enchimento, Alimentação;
- Sistemas de Extração de Gases;
- Sistemas de aquecimento e refrigeração das coquilhas;
- Defeitos de fundição;

Para que o projetista tenha uma base válida de informação para o projeto, este deve abordar e projetar um conjunto de parâmetros, sendo os principais (Iberê, R., Duarte 2004):

- **Desenho da Peça** (forma, espessura de parede, raios, saídas e contra saídas, massas isoladas);
- **Tipo de Liga Vazada** (composição química, intervalo de solidificação, necessidade de tratamentos térmicos);
- **Quantidade de Peças** (tipos de coquilhadoras, tamanho e peso máximo permitido na coquilhadora);
- **Maquinagem** (sobredimensionamento para maquinagem, superfícies a maquinar e de referência, locais e dificuldades de rebarbagem);
- **Requisitos de Qualidade** (características da superfície, rebarbas admissíveis, tratamentos superficiais, tolerâncias de peso, estanqueidade, nível de microporosidade admissível)
- **Sistema de Enchimento** (perfil. Caudal, localização, tipo de ataque);
- **Sistema de Alimentação** (localização, dimensionamento);
- **Superfície de Separação** (posicionamento de: machos, pinos extratores, alimentadores, ataques e canais de saída de gases);
- **Material da coquilha e respetivas características térmicas;**
- **Tipo de Machos;**
- **Condições Operatórias** (temperatura de vazamento, temperatura das coquilhas, etc.).

A conceção da coquilha deve promover uma solidificação das peças preferencialmente pelo ponto mais distante da alimentação, por forma a obter-se uma solidificação do tipo progressiva.

3.3.2 Material das Coquilhas

Os materiais utilizados para o fabrico das coquilhas podem ser de dois tipos:

- Aço de médio teor em carbono – C40;
- Ligas de Cobre e berílio.

O aço C40 é um aço de médio teor em carbono (C=0,40%; Mn=0,5 - 0,9 %; Si > 0,40%) que, na ausência de qualquer tratamento térmico, se apresenta pouco duro e, portanto, facilmente maquinável. A vida útil de uma coquilha em aço C40 está compreendida, normalmente, entre 20000 e 30000 vazamentos (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

As coquilhas de aço C40 perdem as suas características iniciais devido a:

- Aparecimento de fissuras induzidas por fadiga térmica;
- Alteração dimensional, por desgaste erosivo;
- Corrosão atmosférica (oxidação).

As coquilhas em Liga de Cobre e berílio têm a particularidade de apresentarem muito maior durabilidade do que as fabricadas em Aço C40. As principais vantagens destas coquilhas são:

- Menor tendência à fissuração por fadiga térmica (rachadelas);
- Superior estabilidade dimensional;
- São facilmente grafitizáveis, resistindo bem à oxidação;
- Podem ser limpas com ar comprimido;
- Superior condutibilidade térmica que as coquilhas em aço;
- A superfície das peças é limpa e brilhante (bom aspeto superficial);
- Vida útil mais elevada (entre 80000 e 200000 vazamentos).

Este material apresenta, contudo, algumas desvantagens, a saber:

- Elevada toxicidade do berílio, com alguns riscos para os fundidores;
- As coquilhas são dificilmente reparáveis;
- Custo elevado.

Devido à toxicidade do berílio, nalguns Países substituiu-se este elemento pelo crómio, em ligas de cobre. Todavia, tal solução resulta numa vida útil das coquilhas inferior à das ligas de Cu- Be.

As coquilhas devem ser fabricadas por maquinagem de precisão incorporando, frequentemente, operações de eletro-erosão. A taxa de contração que se deve prever no desenho das coquilhas é da ordem dos 12 a 15%, o que se explica pelo facto de o vazamento ser efetuado sobre coquilhas praticamente frias (de 100 a 150°C) (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

3.3.3 Condições Operatórias

As coquilhas deverão encontrar-se, no momento em que recebem o latão, a uma temperatura compreendida entre 100 e 150 °C. Se a temperatura for superior, a grafite não aderirá corretamente à superfície interior da coquilha. Para manter a temperatura das coquilhas dentro daqueles valores, é recomendável que o processo de trabalho seja contínuo. (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

A velocidade de vazamento depende da espessura das peças a vazar. O vazamento deve ser rápido para peças de espessura delgada (cerca de 2 mm) e lento para peças espessas (acima de 8 mm) (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

Uma das características da fundição em moldações metálicas, está na sua maior velocidade de arrefecimento do metal vazado, comparativamente com a fundição em moldações de areia, sendo um dos principais problemas imputados ao projeto de coquilhas.

A temperatura de vazamento dos latões está normalmente compreendida entre os 960 e os 1050 °C, dependendo da composição dos latões e no facto de se pretender sempre um intervalo de solidificação o mais estreito possível. Se a temperatura de vazamento for muito elevada existe o risco de aparecimento de um rechupe na parte mais massiva do fundido. Por outro lado, se a temperatura for demasiado baixa há o risco de não enchimento completo da moldação, pelo que o vazamento se deve processar com rapidez (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

3.3.4 Posição da peça na coquilha

Um dos primeiros parâmetros seleccionados é, o tipo de posicionamento da peça na coquilha, sendo que este posicionamento (vertical ou horizontal), vai influenciar inúmeros aspetos do vazamento (ver Figura 5) (Iberê, R., Duarte 2004).

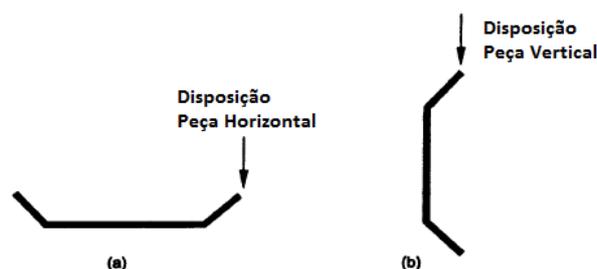


Figura 5 – Representação da Orientação da Peça na coquilha para vazamento (Iberê, R., Duarte 2004).

A esta seleção vai também definir o plano de apartação, que corresponde ao plano de abertura da coquilha, devendo este estar de acordo com o tipo de vazamento a efetuar. Esta linha de separação vai deixar uma marca sobre a peça, que depois é retificada no processo de maquinagem.

3.3.5 Sistema de Enchimento

No processo de fundição, o metal líquido entra na cavidade da moldação através de um sistema de canais que constituem o designado sistema de enchimento. Mais do que um conjunto de canais de transporte de metal líquido, o sistema de enchimento deverá garantir uma pressurização gravítica da parte inferior das peças. Por outro lado, é conveniente que os gitos provoquem um efeito de sifão no interior da coquilha, o que mantém a turbulência do metal a níveis baixos, reduzindo a absorção de gases, limitando a entrada de escória e minorando o desgaste da ferramenta por erosão.

Para desempenhar cabalmente as suas funções, o sistema de enchimento não pode ser concebido de forma arbitrária, mas sim objeto de um projeto, cujo dimensionamento tem como base principal os conceitos da mecânica de fluídos.

No vazamento por gravidade em moldações permanentes, a entrada do metal líquido na cavidade moldante é efetuada através de um canal de descida que culmina nas secções de ataque à peça (ver Figura 6).

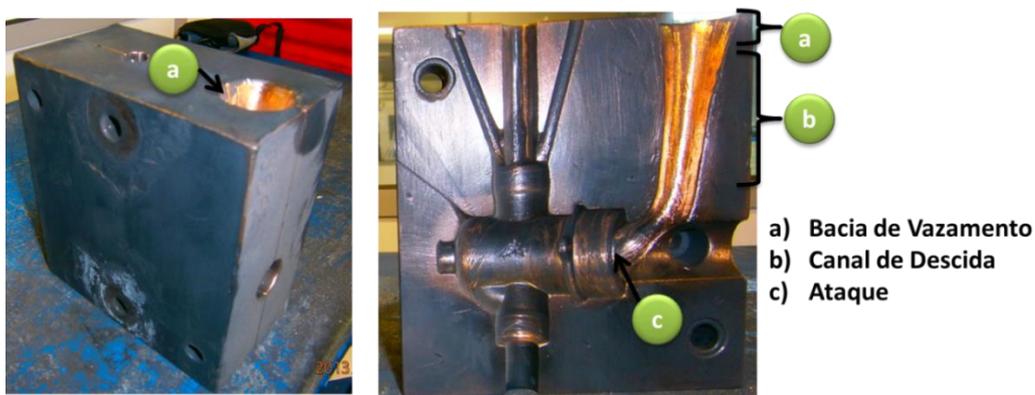


Figura 6 – Representação esquemática de um sistema de enchimento.

Este tipo de sistema, classificado como *enchimento direto*, apresenta uma estrutura mais simples quando comparado com os sistemas usuais aplicados, por exemplo, em moldações de areia (ver Figura 7), que normalmente apresenta os seguintes elementos:

- Bacia de Vazamento;
- Canal de descida;
- Canais de distribuição;
- Bolsa de retenção de escória;
- Ataques à peça.

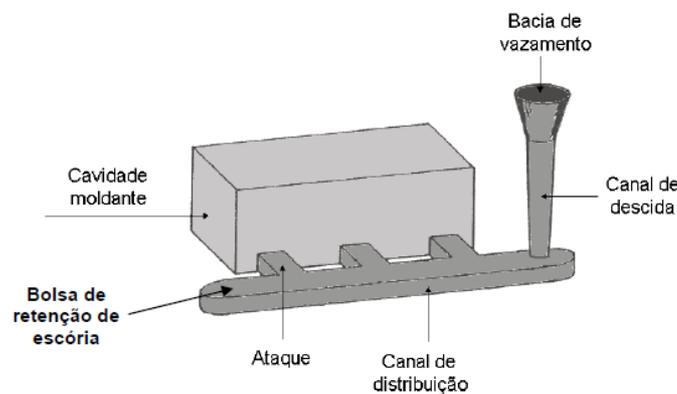


Figura 7 – Representação esquemática de um sistema de enchimento.

No entanto, isso não significa que a sua complexidade seja menor, antes pelo contrário, pois devido à sua maior proximidade da peça, e tipo de ataque, acarretam mais problemas ao nível da turbulência do vazamento, conduzindo ao aparecimento de inclusões não metálicas no fundido.

Deste modo, pelas diferenças apresentadas, o sistema de enchimento em coquilhas apresenta particularidades próprias, não sendo assim compatíveis, as expressões de cálculo usualmente utilizadas no dimensionamento de sistemas de enchimento em moldações em areia.

Devido às dificuldades encontradas pelo autor, na procura de informação válida, no âmbito do dimensionamento de sistemas de enchimento aplicados a coquilhas, não foi possível expor um procedimento de cálculo que determine a sua correta geometria e dimensões. No entanto, apresentam-se algumas considerações técnicas sobre o sistema de enchimento, de modo a que as suas funções sejam cumpridas.

3.3.5.1 Velocidade de Descida do Metal

Os canais de descida são os pontos mais críticos, devido à aceleração da gravidade. Dependendo das alturas a velocidade do metal pode atingir 2 a 4 m/s. A velocidade do metal pode ser calculada através da seguinte expressão (Iberê, R., Duarte 2004):

$$v = 2 \times g \times h^{\frac{1}{2}} \quad \text{Equação 1}$$

V = velocidade do líquido em queda (m/s)

g = aceleração da gravidade 9,8 m/s².

h = altura de queda livre (m)

A velocidade limite de 50 cm/s é ultrapassada para uma altura de queda de 2 cm (ver Figura 8).

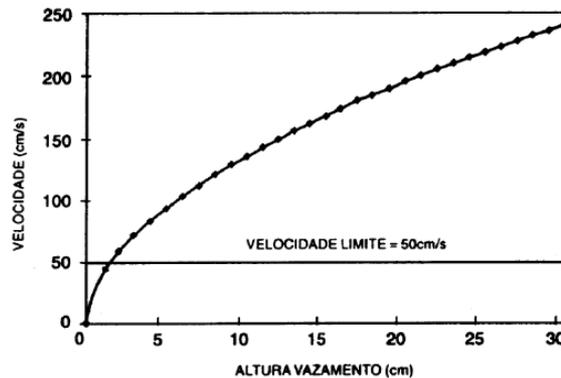


Figura 8 – Velocidade do metal em função da altura de vazamento (Iberê, R., Duarte 2004).

3.3.5.2 Caudal (Q)

O caudal é regido pela lei da continuidade, válido para o sistema de canais em regime cheio (ver Equação 2). Através desta lei é possível explicar o descolamento do metal líquido nas paredes de um canal de descida reto. O uso de inclinações na ordem de no mínimo de 3° já é suficiente (Iberê, R., Duarte 2004).

$$Q = v \times A \quad \text{Equação 2}$$

Q = caudal (cm³/s)

V = velocidade do metal no local (cm/s)

A = área da secção transversal (cm²)

O caudal nominal pode ser calculado através do seguinte abaco (ver Figura 9), tendo em consideração o peso da peça e a sua espessura mínima (referência alumínio).

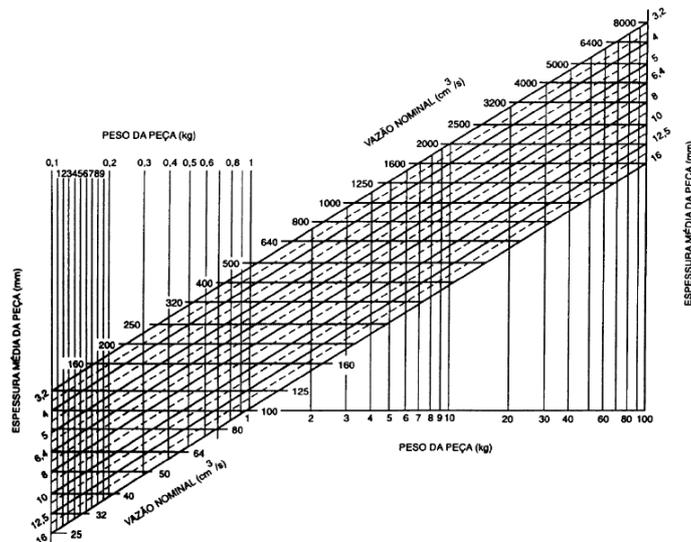


Figura 9 – Ábaco para determinar o caudal nominal de enchimento da peça (Iberê, R., Duarte 2004).

3.3.5.3 Perfil do canal de descida

Existindo diferentes tipos de Canais de enchimento, existe uma recomendação no dimensionamento de canais de enchimento que é seguida, que é, “Usar canais o mais baixo possível ou sistemas basculantes”.

A forma do canal de descida, representa um dos parâmetros mais importantes na seleção de um sistema de enchimento, existindo alguns perfis regularmente utilizados (ver Figura 10).

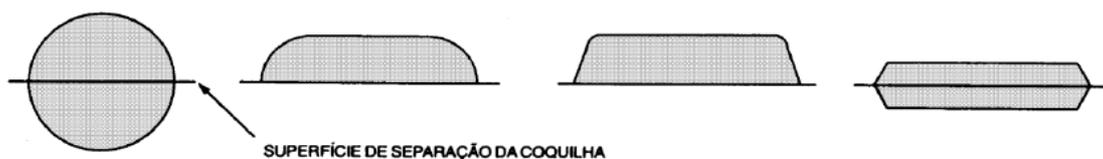


Figura 10 – Formas para o canal de descida (Iberê, R., Duarte 2004).

Para canais de descida mais altos, é aconselhado o uso de forma quadrada ou retangular, e fazer um ângulo de saída neste canal de cerca de 15 a 20°.

Estudos revelam que quando aplicado um canal de descida redondo, o fluído apresenta uma maior turbulência, sendo aconselhado utilizar o perfil trapezoidal de modo a diminuir este problema (ver Figura 11).

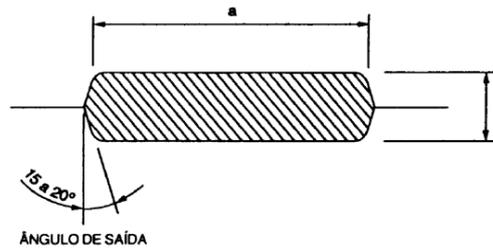


Figura 11 – Seção transversal do canal de descida (Iberê, R., Duarte 2004).

Quanto à secção de ataque à peça, esta deverá ter uma forma elíptica (lamina), com espessura de aproximadamente na ordem da espessura da peça (cerca 3 mm), sendo recomendável que a velocidade não seja superior a 50 cm/s. O metal fundido deverá atacar a cavidade interna da coquilha ao nível da superfície da coquilha, promovendo o fluxo menos turbulento possível. Uma outra indicação é, impedir que ocorra o ataque direto ao macho, evitando assim, o seu desgaste e problemas de inclusões na peça. (Iberê, R., Duarte 2004).

Por fim, os filtros utilizados no sistema de enchimento, devem ser localizados o mais próximo do ataque.

3.3.5.4 Fluxos de Metal

O fluxo de metal pode apresentar diferentes tipos de regimes de movimento em função da sua velocidade. Estes regimes podem ser classificados por meio do número de Reynolds, calculado pela equação abaixo (Iberê, R., Duarte 2004):

$$Re = \frac{V \times d}{\nu} \quad \text{Equação 3}$$

Re = número de Reynolds;

V = velocidade do fluxo;

d = diâmetro hidráulico;

ν = viscosidade cinemática do metal, que no caso do alumínio é $1,27 \times 10^2$ cm/s.

O resultado do cálculo do Re pode ser interpretado da seguinte forma:

Re < 2000 → fluxo laminar

2000 < Re < 20000 → fluxo turbulento

Re > 20000 → fluxo excessivamente turbulento.

3.3.6 Sistema de Alimentação

O arrefecimento de um metal, desde a sua temperatura de fusão até à temperatura ambiente é normalmente acompanhado por uma redução de volume significativa, que em fundição se designa por contração. Esta contração ocorre em três estágios diferentes, e assume designações diferentes: contração no estado líquido, contração de solidificação, e contração no estado sólido (Barbosa, J., 2003).

Em fundição, a *contração de solidificação* (contração que se verifica na mudança de estado líquido → sólido), é a mais difícil de controlar e a de maior amplitude, dependendo fundamentalmente do tipo de metal ou liga metálica. Na Tabela 4 apresentasse, o valor da contração de solidificação para vários materiais habitualmente processados por fundição (Barbosa, J., 2003).

Tabela 4 – Valores da contração de solidificação para vários metais e ligas metálicas.

Ligas metálicas /metais	Contração de solidificação (%)
Aços	7-10
Bronzes	4.5
Latões	6-7
Ligas de Alumínio	7-8
Zinco	4,7
Cobre	4,2

As principais consequências da contração volumétrica durante a solidificação e o arrefecimento são:

- Fundido ficar com dimensões inferiores às da cavidade da moldação;
- Aparecimento de cavidades internas, ou com ligação ao exterior, de dimensões variáveis, agrupadas ou disseminadas pelo fundido;
- Formação de fissuras em algumas zonas dos fundidos.

sendo que estas características vão depender do tipo de metal ou liga metálica, das condições de arrefecimento e do tipo de moldação (Barbosa, J., 2003).

Os defeitos referidos têm origem em diferentes fases do processo de solidificação. A contração no estado sólido é responsável pelas dimensões finais das peças, podendo ainda ser

responsável por possíveis fissuras que surjam nas mesmas. A contração verificada na mudança de estado é responsável por defeitos de solidificação, como cavidades internas ou cavidades com ligação ao exterior, de dimensões consideráveis, e que habitualmente se designam por *rechupes*. Saliente-se que estas cavidades não devem ser confundidas com porosidades que, habitualmente são de muito pequena dimensão, ainda que visíveis a olho nu, mas que são, normalmente causadas pela libertação dos gases dissolvidos no metal, ou apenas inclusões não metálicas, como grãos de areia, escória ou partículas de material refratário (Barbosa, J., 2003).

Em geral as ligas de cobre (latão) apresentam uma contração líquida e de solidificação de 6% e que pode ser compensada com o uso de alimentadores.

Um exemplo prático consiste em considerar um volume de 100 cm³ de latão, que após solidificação teremos então menos 6 cm³ de volume, terminando com 94 cm³.

Portanto o alimentador deveria ter garantido cerca de 6 cm³ de metal líquido para alimentar esta contração. Isto atende a regra do requisito volumétrico de alimentação.

Existem outros métodos e modificações que podem auxiliar e complementar o uso de alimentadores, com o objetivo de eliminar os rechupes:

- Insetos isolantes;
- Tinta isolante

Um processo de dimensionamento do sistema de alimentação mencionado em literatura é baseado na “Regra dos módulos”, em que se entende por módulo (Iberê, R., Duarte 2004):

$$\text{Módulo} = \frac{\text{Volume}}{\text{Superfície}} \text{ [cm]} \quad \text{Equação 4}$$

Deste modo temos os seguintes módulos:

- Módulo da peça (**M_p**) = Volume da peça (V_p) / Superfície da peça (S_p);
- Módulo do pescoço (conexão entre alimentador e peça) (**M_n**) = Volume do pescoço (V_n) / Superfície do pescoço (S_n);
- Módulo do alimentador (**M_m**) = Volume do alimentador (V_m) / Superfície do alimentador (S_m).

Em que deve ser estabelecida a seguinte relação entre eles:

$$M_m > M_n > M_p$$

Os passos a seguir neste cálculo são:

a) Calcular o módulo da peça (M_p) ou da parte mais espessa da peça onde vai ser colocado o alimentador.

b) Calcular o módulo do alimentador (M_m):

$$M_m = k \times M_p \quad \text{Equação 5}$$

$$K = 1,2 \text{ a } 1,4$$

c) Calcular o diâmetro do alimentador (D_m), pela seguinte expressão:

$$D_m = M_m \times \frac{1 + 4P}{P} \quad \text{Equação 6}$$

$$P = 1,5 \text{ a } 2,5$$

d) Calcular a altura do alimentador (H_m)

$$H_m = P \times D_m \quad \text{Equação 7}$$

e) Por fim, calcular o módulo do pescoço

$$M_n = \frac{M_m + M_p}{2} \quad \text{Equação 8}$$

Espessura e largura = $4 \times M_n$

No projeto de coquilha, existe uma tendência de atribuir ao canal de enchimento a função suplementar de alimentador, com o objetivo de diminuir a massa dos gitos.

Nem todos os metais e ligas metálicas solidificam da mesma forma. Os metais puros solidificam a uma temperatura bem definida existindo uma fronteira bem demarcada entre as zonas sólida e líquida de uma peça. As ligas metálicas cujo intervalo de solidificação (diferença entre as temperaturas de início e fim de solidificação) é inferior a 40°C têm o mesmo tipo de comportamento. No caso concreto de um fundido a solidificar, a solidificação avança desde a periferia para o centro da peça, em camadas bem definidas, e praticamente paralelas às paredes da moldação, existindo em qualquer momento uma fronteira líquido-sólido bem definida. No fim da solidificação, pode observar-se um rechupe à superfície do fundido (ver Figura 12) (Barbosa, J., 2003).

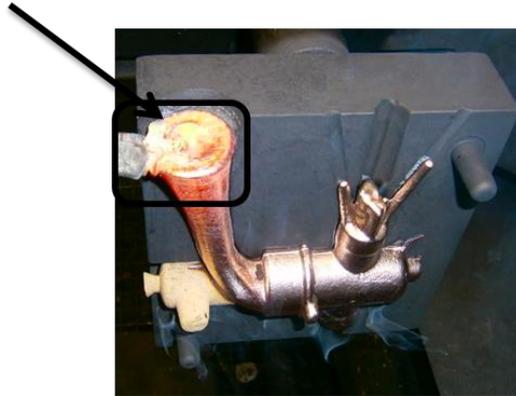


Figura 12 – Representação de rechupe na superfície do fundido.

Este tipo de solidificação designa-se por *solidificação em camada fina*. Para além dos metais puros, apresentam este tipo de solidificação as seguintes ligas:

- Aços com %C < 0,3;
- Latões 60/40;
- Ligas de alumínio-silício com $10 < \%Si < 13$;
- Ligas de cobre com %Cu > 98.

No método de solidificação intervém ainda a velocidade de arrefecimento. Para um determinado tipo de moldação, a velocidade de arrefecimento depende da temperatura a que se efetuou o vazamento, sendo tanto maior quanto mais elevada tiver sido a temperatura de vazamento. Para duas ligas com o mesmo intervalo de solidificação, mas temperaturas de fusão / vazamento diferente, aquela que é vazada a temperatura mais alta tem mais tendência para solidificar em camada fina. Esta é uma das razões pela qual as ligas leves têm mais tendência a solidificar em camada espessa que as ligas de cobre, por exemplo.

Da mesma maneira, uma liga vazada em coquilha metálica (velocidade de arrefecimento elevada), tem mais tendência a solidificar em camada fina, que a mesma liga quando vazada em moldação de areia.

3.3.7 Canais de Saída de Ar e Gases

No processo de vazamento em moldação metálica a permeabilidade aos gases é inexistente, que com a complexidade da peça pode favorecer a retenção de ar e gases. Sistemas simples

devem ser projetados para facilitar a saída de ar acumulado no interior da moldação e de gases resultantes das reações do processo. Com este objetivo, são projetados os canais de extração de gases, característicos em moldes permanentes (ver Figura 13e Figura 14).



Figura 13 – Canal de Saída de ar e gases.

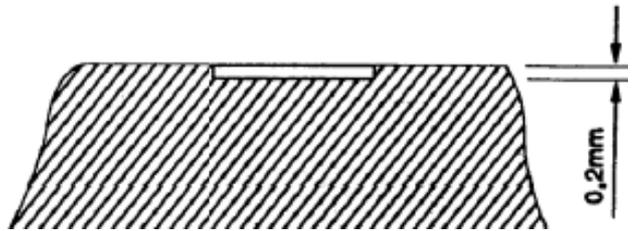


Figura 14 – Profundidade da saída de ar retangular (Iberê, R., Duarte 2004).

Estes canais devem ser projetados de acordo com a geometria e necessidades de cada peça, devendo o seu dimensionamento seguir um conjunto de restrições e orientações (Iberê, R., Duarte 2004):

- Maquinar as saídas de ar de preferência após teste com a coquilha;
- Na fase inicial de teste maquinar as saídas de ar com menor largura;
- Folga entre o pino extrator e o molde pode ajudar na saída de ar;

3.3.8 Propriedades Térmicas da Coquilha

Um dos aspetos mais importantes do projeto de coquilha, é o seu “dimensionamento térmico”, para que seja possível obter boas peças de acordo com os parâmetros estipulados para o vazamento. Os problemas podem ser provenientes de desvios em relação à gama de temperaturas de trabalho ideal que, tem associados defeitos na peça no caso de temperaturas excessivas. Por outro lado, quando as temperaturas registadas são inferiores à gama definida, ocorrem situações de não enchimento da peça e defeitos.

3.3.8.1 Dimensionamento Tamanho/ Espessura da coquilha

Uma vez definida posição da peça na coquilha; devem ser dimensionadas as espessuras de parede desta. Muitos projetos optam por colocar uma geometria uniforme da coquilha

(retangular, quadrada) que vai provocar uma espessura de parede não uniforme relativamente à peça. Em outras situações, registam-se espessuras de coquilha concordantes com o perfil da peça, de modo que a espessura da coquilha seja constante em toda a peça (ver Figura 15 e Figura 16).



Figura 15 – Representação de coquilha com Espessura de parede da peça não uniforme.



Figura 16 – Representação de coquilha com Espessura de parede da peça uniforme.

De forma a ter um dimensionamento de coquilha mais otimizado, a espessura deve ser projetada de acordo com as características térmicas do conjunto coquilha- peça, de forma a resolver problemas térmicos localizados.

Alguns princípios de transferência de calor são seguidos nesta fase do projeto, sendo importante haver uma comparação com um registo térmico efetuado no vazamento em produção.

A espessura do molde e da peça tem assim um efeito sobre a temperatura do molde, sendo referenciado em alguma bibliografia que dependendo do material, que uma espessura normal de coquilha se situa em entre 10 a 70 mm (ver Figura 17) (Iberê, R., Duarte 2004).

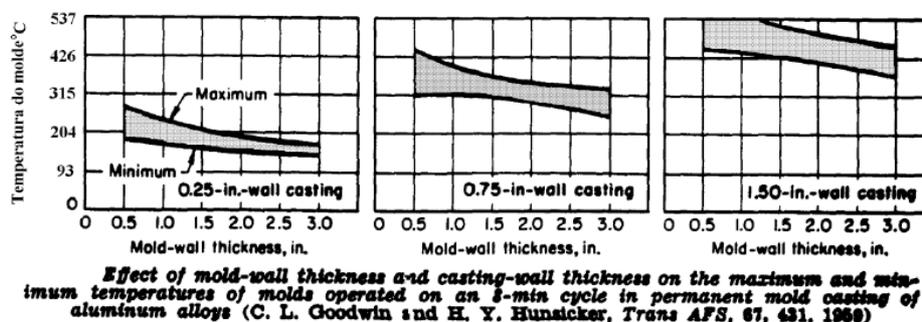


Figura 17 - Efeito da espessura da moldação e da peça sobre a temperatura da moldação (Iberê, R., Duarte 2004).

No dimensionamento do tamanho da coquilha também devem, ser tidos em conta outros elementos utilizados para a fixação e centragem da coquilha como:

- Espaço para pinos guia e de retorno;
- Espaço para furações.

3.3.8.2 Refrigeração da coquilha

Com o objetivo de aumentar a transferência de calor da coquilha para o meio envolvente, para evitar a ocorrência de defeitos provocados pelo excesso de temperatura numa determinada zona, podem ser projetados na coquilha um conjunto de soluções que promova a diminuição de temperatura.

A refrigeração da coquilha pode também ser realizada para:

- Regular o fluxo de calor para controlar a solidificação, podendo ser direcional;
- Prolongar a vida útil da coquilha (aumenta se a faixa de variação de temperatura da coquilha é mais estreita);

As soluções implementadas são fortemente afetadas pela condutividade térmica do material da coquilha, onde na Tabela 5 podem ser observados alguns materiais considerados de elevada condutibilidade (Soares, G. 2000).

Tabela 5 – Condutividade térmica de materiais de coquilha (Soares, G. 2000).

Material	Condutividade Térmica λ (kcal/ m ² /°C)
Cobre	342
Alumínio	180
Latão	90
Ferro Fundido	65

Os métodos mais comuns utilizam água ou ar, sendo uma das limitações deste tipo de refrigeração o afetar toda a coquilha, que exige uma parede de coquilha homogénea na espessura para obter um arrefecimento uniforme (Soares, G. 2000).

Os locais a serem refrigerados devem evitar mudanças bruscas de temperaturas, que podem causar falhas de enchimento, má ligação, rechupes, tensões e fissuras.

Alguns fatores devem ser considerados para escolher os sistemas de refrigeração:

- Espessura da peça;
- Módulo das secções da peça;

- Tempos de ciclo de produção;
- Vida útil da coquilha.

Em situações de se pretender a refrigeração em zonas específicas na coquilha, podem ser utilizadas outras soluções como:

- Alhetas;
- Canais internos de Ar comprimido ou água;
- Resfriador metálico;
- Duplo material (Incertos de material com maior condutibilidade).

3.4 Caracterização do Latão

O latão é uma liga Cobre-Zinco, que geralmente, se encontra associado à adição de outros elementos de liga. São as ligas de cobre que mais se utilizam em aplicações comerciais e que ocupam um lugar relativamente importante no consumo de metais a nível mundial (Joseph R., Davis).

Os latões apresentam uma combinação bastante interessante de propriedades, no âmbito dos materiais metálicos, caracterizando-se por possuírem uma excelente maquinabilidade, fortemente influenciada pela presença do chumbo. Possuem boa resistência à corrosão em diversos meios, particularmente em água, o que faz com que este material seja utilizado em diversos componentes para a canalização de água e para o fabrico de torneiras. Possuem boa condutividade térmica e elétrica, claramente superiores às apresentadas pelas ligas ferrosas. São dúcteis e maleáveis e possuem resistência ao impacto (Joseph R., Davis).

Pode ser reciclado várias vezes sem perda de propriedades, desde que as sucatas sejam devidamente selecionadas, sendo realizada uma compensação pela percentagem perdida de alguns elementos da liga (Joseph R., Davis), (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

3.4.1 Processo de Fabrico

As matérias-primas utilizadas na sua produção podem ser obtidas por extração direta dos metais base a partir dos minérios, seus constituintes (latões de produção primária) ou a partir de sucatas e resíduos (latões de produção secundária) por processos de reciclagem, desde que

devidamente escolhidos e isentos de contaminantes prejudiciais à qualidade das ligas (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

Os latões primários são obtidos a partir de elementos de elevada pureza, que por fusão e dissolução dão origem às ligas, o que torna o processo bastante mais custoso em relação aos latões secundários. A produção primária é adotada quando se pretende produzir ligas com elevadas características físicas e mecânicas. (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

Os latões de produção secundária são os mais utilizados, uma vez que o seu processamento é economicamente mais viável e as suas propriedades são semelhantes às apresentadas pelos latões de produção primária, permitindo a sua utilização em grande parte das aplicações (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

3.4.2 Tipos de Latões e suas Propriedades

Na Figura 18, está representado o diagrama de fases do sistema Cu-Zn, onde através da sua análise se pode constatar a presença de várias fases e a ocorrência de várias transformações, à medida que a quantidade de zinco aumenta na liga. No caso de o latão conter entre 0 e 33% (% em peso), de zinco, podemos apurar a presença de apenas uma fase, a fase α (solução sólida de zinco no cobre). Este tipo de latões é denominado de latões monofásicos. Se o teor em zinco estiver compreendido entre ~ 33 e 46% (% em peso), os latões apresentam uma estrutura com duas fases $\alpha + \beta$, são os denotados latões bifásicos. Quando os teores são superiores a 46% a estrutura torna-se monofásica (β') (Joseph R., Davis), (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

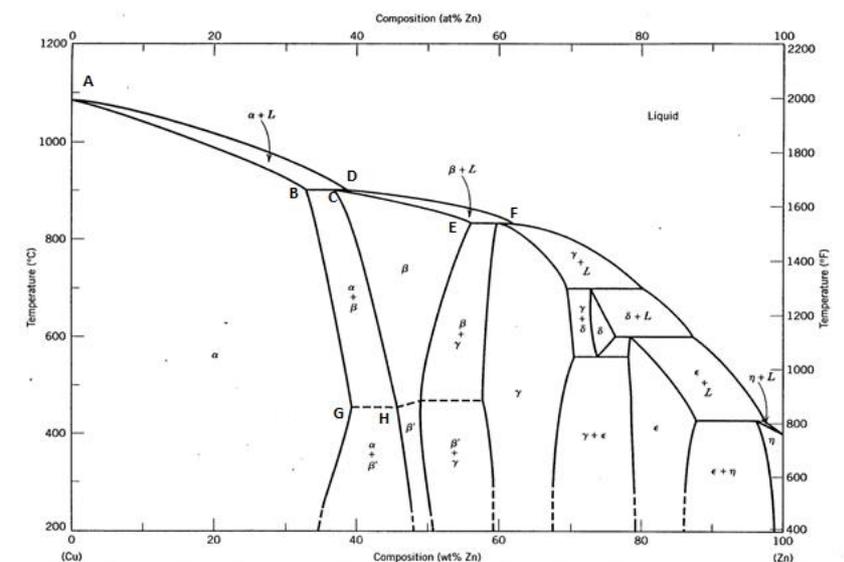


Figura 18 – Diagrama de fases Cu-Zn (Joseph R., Davis).

Na solidificação dos diversos latões teremos as seguintes transformações microestruturais, nomeadamente, entre os pontos A e B as ligas apresentam estrutura, geralmente zonada, devido ao intervalo das linhas de líquido-sólido. Esta característica, vai proporcionar uma excelente ductilidade e uma razoável resistência mecânica às ligas de latão (Joseph R., Davis), (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

Entre os pontos B e C ocorre uma reação peritética ($L + \alpha \rightarrow \beta$) entre parte dos cristais primários da fase α e com o líquido formando a fase β . Avançando o arrefecimento teremos o decréscimo da fase β em relação a fase α de acordo com a inclinação das linhas BG e DH. Na temperatura referente ao ponto G a fase β desordenada modifica-se para β' , ocorre então o crescimento desta fase até a temperatura ambiente. A estrutura resultante ($\alpha + \beta'$) é denominada estrutura de Widmanstätten (Joseph R., Davis), (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

As ligas entre os pontos D e E, acima de 454°C possuem estrutura monofásica, com o decréscimo da temperatura esta fase irá diminuindo e formar-se-á a fase β' até a temperatura ambiente, então, de acordo com a composição de Zn teremos a precipitação da fase α ou da fase γ (Joseph R., Davis), (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

3.4.2.1 Latões monofásicos ou α

Este tipo de latões caracteriza-se por apresentarem na sua estrutura apenas a fase α , caracterizada por ser uma solução sólida de zinco no cobre. Possui a mesma estrutura cristalina que o cobre, cúbica de fases centradas, o que os torna altamente dúcteis. Podem também ser empregues para deformação, apresentando fraca maleabilidade acima dos 500 °C (Joseph R., Davis), (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

Não são tratáveis termicamente, porque não sofrem transformação de fase, para que haja um endurecimento deste tipo de ligas. Podem ser endurecidos por encruamento, isto é, por deformação plástica.

Os latões constituídos pela fase α têm uma percentagem de zinco variável entre os 5 e os 33%. Até 20% de Zn apresentam uma cor avermelhada e a partir daí uma cor amarelada. Por isso é usual dividi-lo em dois grandes grupos: o latão vermelho e o latão amarelo (Joseph R., Davis).

3.4.2.2 Latões bifásicos ou $\alpha + \beta$

São latões, que como os latões monofásicos, possuem na sua composição cobre e zinco, mas onde os teores de zinco, em peso, são mais elevados, isto é, acima de 33% e que podem ir até aproximadamente 46%. Neste intervalo ocorre a presença de fase β , ou seja, ao contrário dos latões com menos de 35% de zinco contêm somente a fase α , os latões com teores de zinco mais elevados (contêm fases α e β). A fase β é resultado da reação peritética a 903 °C, entre a fase α e o líquido, que da origem a um composto intermetálico de cobre e zinco. A percentagem das fases α e β varia com o aumento do teor em zinco no latão, quanto maior for a percentagem de zinco, maior será a percentagem da fase β , que cristaliza no sistema cúbico de corpo centrado (de forma aleatória nos vértices ou no centro das células unitárias) (Joseph R., Davis), (Castro, F.; Junqueira, J. 1996). apresentam transformações de fase mais complexas

Os latões bifásicos tem sempre na sua microestrutura a fase α e β , sendo que a % das fases ou dimensão das mesmas podem ser alteradas, dando origem a uma maior variedade de microestruturas e, conseqüentemente, de propriedades. Contudo, essa variação não é o único fator que controla as propriedades, o tipo de arrefecimento a que estas ligas estão sujeitas também vão influenciar a microestrutura. Esse tipo de liga é bastante utilizado industrialmente, devido à sua e excelente conformabilidade a quente (entre 50 °C e 800 °C), podendo ser deformado por forjamento, laminagem, entre outros processos de conformação. Podem ser também utilizados para obtenção de peças por fundição. Uma outra propriedade que torna este tipo de latões bastante utilizados, é a sua excelente aptidão à maquinagem, uma vez que possuem elevada dureza e conseqüentemente, a presença da fase β promove num processo de maquinagem, aparas fragmentadas ou curtas, ao contrário da fase α que desenvolve aparas helicoidais e longas (Joseph R., Davis), (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

Na tabela 2.1 estão representadas as composições químicas de latões binários e indicadas algumas propriedades mecânicas alusivas a algumas ligas do domínio dos latões binários.

Tabela 6 – Composição química, propriedades e estrutura de latões binários (Joseph R., Davis).

Designação (ASTM)	Composição química	Estrutura cristalina	Limite de resistência à tracção (MPa)	Tensão de cedência (MPa)	Alongamento (%)	Dureza Brinell (HB)	Limite de resistência à fadiga (MPa)
C210	Cu 5Zn	α	270-550	100-380	45	65-120	-
C220	Cu 10Zn	α	270-570	90-420	50	55-125	70-160
C230	Cu 15Zn	α	310-600	100-420	50	60-135	105-170
C240	Cu 20Zn	α	310-640	120-480	52	65-155	100-185
C260	Cu 30Zn	α	330-850	120-540	62	65-160	75-200
C270	Cu 35Zn	α	340-860	130-550	60	65-165	85-155
C272	Cu 36Zn	α	340-860	130-550	56	65-165	95-210
C280	Cu 40Zn	$\alpha + \beta$	380-600	160-450	40	85-145	95-210

3.4.2.3 Latões com Chumbo

O latão com chumbo é uma liga cobre-zinco-chumbo, onde o teor em zinco é superior a 35%, isto é, é uma liga bifásica, onde o chumbo é adicionado ao latão para melhorar a aptidão à maquinagem, sendo que o teor de chumbo varia entre 0,3 e 3,5 % (em peso). Este elemento forma pequenas partículas sólidas, que durante a maquinagem fundem, funcionando como um lubrificante sólido, diminuindo o desgaste da ferramenta e dando origem a aparas pequenas (Joseph R., Davis).

Este tipo de latões é produzido essencialmente sobre a forma de vara, barras e tubos, isto deve-se ao facto de as partículas de chumbo causarem problemas na deformação plástica. Por este motivo, os latões com chumbo são mais empregados para a fabricação de parafusos e peças maquinadas a partir de barras e perfis extrudidos, e não são usados para processos de deformação plástica a frio (Joseph R., Davis).

3.4.2.4 Latões Especiais

Os latões especiais são ligas onde, é possível encontrar outros elementos na composição para além do cobre e zinco. Esses elementos podem ser alumínio, níquel, ferro, silício, berílio, manganês bismuto e antimónio e são adicionados com o intuito de, promover características particulares dos latões, adaptando estes às exigências do processo de fundição e respetivos requisitos de utilização (Joseph R., Davis), (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

O latão com alumínio representa uma das principais famílias latões especiais, onde este é adicionado em teores compreendidos entre 1 % e 3%, fazendo com que haja neste tipo de latões, uma elevada resistência à tração, elevado limite de elasticidade, uma boa resistência à corrosão e uma elevada resistência à erosão, permitindo a sua utilização em tubos para permutadores de calor (Joseph R., Davis).

Um outro exemplo será o latão com estanho, onde a sua utilização aumenta a resistência à tração, o módulo de elasticidade e a resistência a corrosão, especialmente em meios agressivos, como a água do mar. Não deve ser usado em percentagem superior a 1% por dar origem à precipitação da fase γ . (Joseph R., Davis).

Latões complexos, são mais um exemplo das famílias de latões especiais, sendo uma liga de

alta resistência, que é constituída por mais do que elemento de liga adicional e que revelam elevada resistência à corrosão. Entre os constituintes mais comuns distinguem-se: o manganês, o ferro, o chumbo, o alumínio, o níquel e o estanho. Estas ligas empregam-se frequentemente na construção naval (Joseph R., Davis), (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

3.4.2.5 Latões sem chumbo comercializados

A ideia inicial de colmatar a presença do chumbo pelo bismuto foi muito bem aceite e permitiu a obtenção de ligas com características muito semelhantes à dos latões tradicionais com chumbo, nomeadamente no que respeita à maquinabilidade. Assim como o chumbo, o bismuto é praticamente insolúvel no cobre e nas suas ligas, formando também pequenos glóbulos na microestrutura. É o elemento adjacente ao chumbo na tabela periódica, e, tal este proporciona a formação de aparas curtas (Simplício, M., R., 1999).

As três grandes famílias de ligas isentas de chumbo, que são comercializadas são o Envirobrass (SeBiLOY), o Federalloy e o Ecobrass.

Na liga EnviroBrass, o chumbo é substituído por bismuto e selénio, sendo que este tipo de ligas possui boas propriedades de fundição, tal como as ligas com chumbo, boa maquinabilidade e são resistência à corrosão (Simplício, M., R., 1999).

O Ecobrass possui, uma excelente resistência à corrosão, nomeadamente à dezincificação e boa aptidão à maquinagem, sendo uma das suas características a sua superior %Si ($\approx 3\%$) (Simplício, M., R., 1999).

3.4.3 Influência dos elementos sobre as propriedades dos latões

Como já mencionado, os latões podem ser produzidos a partir da adição de certos elementos de liga ao cobre, com o objetivo de proporcionar uma melhoria das propriedades e uma alteração da microestrutura, não como se de zinco se tratasse, mas numa proporção menor, uma vez que, o zinco é o elemento que mais afeta as propriedades dos latões. O aumento do teor de zinco promove uma melhoria das propriedades mecânicas dos latões, nomeadamente, no que respeita à resistência à tração, limite elástico e dureza. É responsável igualmente pela diminuição da temperatura de fusão e decréscimo do preço associado às ligas. O seu teor condiciona o tipo de microestrutura ostentada pelos latões (monofásica ou bifásica), fator

determinante na determinação das duas grandes famílias de latões (Seabra, A. 1981), (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

Os elementos de liga mais utilizados são o alumínio, o arsênio, o silício, o ferro, o manganês, o níquel, o fósforo, o estanho, o bismuto, o selênio e o chumbo, sendo que o níquel, é um elemento alfacéneo, ao contrário dos restantes elementos. Os vários elementos de liga são adicionados ao latão por diferentes razões, nomeadamente para melhorar a maquinabilidade, melhorar a resistência mecânica e a resistência à corrosão. O efeito de adição de uma determinada quantidade de um dado elemento, pode ser aferida em termos do conteúdo total de zinco através da determinação do zinco equivalente (ver Equação 9) ou do título fictício em cobre (ver Equação 10), sugerido por Guillet (Seabra, A. 1981), (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

$$\begin{aligned} \% \text{ Zinco Eq.} = \% \text{ Zn} + 10 \times \% \text{ Si} + 6 \times \% \text{ Al} + 2 \times (\% \text{ Sn} + \% \text{ Mg}) \\ + \% \text{ Pb} + 0,5 \times (\% \text{ Fe} + \% \text{ Mn}) - 1,2 \times \% \text{ Ni} \end{aligned} \quad \text{Equação 9}$$

$$TF_{Cu} = \frac{100 \times \% \text{ Cu}}{\% \text{ Cu} + \% \text{ Zinco Equiv}} \quad \text{Equação 10}$$

A presença dos elementos de liga na composição química dos latões afeta as propriedades dos mesmos. O contributo individual de cada um dos elementos normalmente presente nos latões pode ser resumido da seguinte forma:

Alumínio

Influencia a resistência mecânica e a dureza dos latões, provocando um aumento das mesmas. A sua adição aumenta a fração volúmica de fase β presente na microestrutura dos latões. Este elemento é igualmente adicionado com o objetivo de desoxidar os latões durante o processo de fundição, para melhorar a sua fluidez e reduzir as perdas de zinco por evaporação.

O alumínio é responsável pela melhoria da resistência à corrosão e erosão das ligas, o que permite a sua utilização em permutadores de calor. O aumento da resistência à corrosão deve-se, essencialmente, à formação de um filme passivo na superfície do latão. Este elemento é considerado prejudicial para as ligas vazadas em moldação em areia, sendo por isso mais utilizado em ligas vazadas em coquilha (Seabra, A. 1981), (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

Chumbo

Este elemento é insolúvel no cobre, encontrando-se na sua microestrutura sob a forma de glóbulos, que durante a operação de maquinagem fundem e servem de lubrificante, facilitando a quebra da apara, reduzindo as tensões de corte e diminuindo o coeficiente de atrito entre a ferramenta e o material. Quando adicionado em pequenas quantidades (normalmente a quantidade de chumbo do latão varia entre 1% a 3%) não interfere nas propriedades mecânicas nem nas características de fundição. No entanto, em teores elevados, apresenta como inconveniente o aumento da fragilidade e o abaixamento da resistência à tração dos latões, especialmente a altas temperaturas, podendo provocar, em situações extremas, o fenómeno de fissuração a quente, durante a operação de estampagem, soldadura, ou até durante a própria solidificação das peças (Seabra, A. 1981), (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

Estanho

Este elemento tem sido utilizado para a melhoria da resistência à corrosão dos latões, em particular, da resistência à dezincificação. No entanto, o seu teor deve ser selecionado em função das propriedades a obter, já que teores elevados deste elemento causam a fragilidade a quente, promovendo a fissuração das peças. O estanho melhora as propriedades mecânicas dos latões, em particular, melhora a resistência à tração, mas diminui a ductilidade quando presente em teores superiores a 1% devido ao aparecimento de um constituinte duro e frágil, a fase γ_1 , semelhante à fase δ dos bronzes. Elevados teores de estanho são responsáveis pelo aparecimento de uma estrutura eutectoíde, de elevada dureza semelhante à que está presente nos bronzes (Seabra, A. 1981), (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

Ferro

Este elemento beneficia a maioria das propriedades mecânicas, tais como, a resistência à tração e a ductilidade por efeito de afinação de grão, uma vez que apresenta uma solubilidade reduzida no latão, isto é, é fracamente miscível. Provoca uma melhoria na vazabilidade dos latões. O ferro pode reagir com outros elementos que podem formar “pontos duros”, que são indesejáveis para operações de polimento e de maquinagem, manifestando-se num desgaste superior das ferramentas de corte (Seabra, A. 1981), (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

Manganês

O manganês é um elemento utilizado para melhorar significativamente a resistência mecânica dos latões, sendo por isso muito usado em latões de alta resistência, uma vez que para teores superiores a 1% o latão apresenta uma dureza demasiado elevada. Esse aumento de dureza será uma desvantagem, uma vez que vai dificultar as operações de maquinagem, não funcionando como lubrificante, ao contrário da função do chumbo neste tipo de operações.

Níquel

Este elemento provoca uma ligeira melhoria da resistência mecânica e à corrosão dos latões. Como se pode constatar na Equação 9, este elemento possui um coeficiente de equivalência em zinco negativo, o que significa que a sua adição possibilita reduzir a quantidade de cobre, já que funciona como elemento betageneo. Contudo a sua utilização é bastante limitada devido ao elevado custo que lhe está associado. O níquel reduz sensivelmente a aptidão para a maquinagem dos latões. Em combinação com o alumínio, o latão é endurecível por precipitação de aluminetos de níquel (Joseph R., Davis), (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

Silício

Este elemento é responsável pela melhoria da vazabilidade dos latões. Funciona como um estabilizador da fase β , tornando os latões mais duros e resistentes. O silício possui tendência para formar “pontos duros”, quando na composição dos latões existem outros elementos, como por exemplo o ferro e o manganês. A formação de silicetos de ferro, afecta negativamente as operações de maquinagem e o polimento. No entanto, na ausência de elementos formadores dos “pontos duros” a presença do silício, assim como a do chumbo, é eficaz na melhoria da maquinabilidade (Joseph R., Davis), (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

Arsénio

O arsénio é adicionado nos latões anti-dezincificantes, em teores baixos, por provocar uma melhoria sensível da resistência dos latões. Acima de cerca de 0,2% o arsénio provoca uma deterioração importante das propriedades mecânicas dos latões (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

Antimónio

Este elemento quando adicionado aos latões em teores abaixo de 0,01%, provoca um aumento da resistência à corrosão por dezincificação. Pode igualmente fomentar a diminuição das propriedades mecânicas dos latões (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

3.4.4 Afinação do grão dos latões

A afinação do grão dos latões, realiza-se pela adição de agentes afinadores à base de elementos desoxidantes, promovendo as seguintes características (Castro, F.; Junqueira, J. 1996):

- Propriedades mecânicas (tensão de rotura e resistência á fadiga);
- Melhoria resistência mecânica a quente (reduz riscos de fissuração da peça);
- Melhor aptidão para o processo de polimento.

Os latões para fundição vazados em coquilha devem apresentar tipicamente as seguintes propriedades mecânicas (Castro, F.; Junqueira, J. 1996):

- Resistência à tração: 28 a 34 kg/mm²;
- Alongamento após rotura: 10 a 20%
- Dureza Brinell: 70 a 80HB.

A composição química afeta entre outros parâmetros referidos, a dureza, devendo o título fictício de cobre de um latão para vazamento em coquilha, estar compreendido entre 58 e 61%, sendo o valor de 60%, o que, em condições normais, conduz para uma melhor combinação de propriedades (ver Figura 19) (Castro, F.; Junqueira, J. 1996; CTIF, 1983):

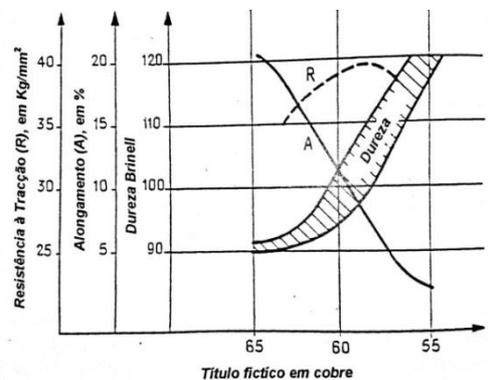


Figura 19 – Variação das propriedades mecânicas com o título fictício de cobre dos latões. (CTIF, 1983)

4 Descrição Sistema de Produção

Neste capítulo faz-se uma apresentação do sistema de produção da DELABIE-Portugal, sendo indicados os Postos de Trabalho (PT) e respetivas atividades desenvolvidas.

Dada a limitação de tempo para desenvolver este projeto, não seria possível abordar com a mesma profundidade todas as secções da empresa, pelo que foi decidido, apresentar um estudo mais aprofundado no PT de Vazamento, e analogamente ao PT Carregamento do Forno e PT Armazém de Ferramentas. Esta escolha é justificada pela elevada importância que estes sectores apresentam, bem como a necessidade de implementar medidas que promovessem o controlo e uniformização do processo.

Para se ter uma melhor perceção das atividades desenvolvidas nestes PT's, são apresentados os respetivos “Modos Operatórios Gerais” em Anexo III.

4.1 Sistema Geral de Produção da DELABIE

Na sua totalidade, a empresa é constituída por 10 Postos de Trabalho distintos. Na Tabela 7 são indicados os postos, e principais atividades neles desenvolvidos.

Tabela 7 – Breve descrição das tarefas realizadas nos Postos da empresa.

Código	Designação PT	Descrição das Tarefas
MOG-F1- PA	Preparação da Areia	<ul style="list-style-type: none">Preparação e Misturar da Areia com os seus aditivos (resina, endurecedor e conservador).
MOG-F2 - FM	Fabrico de Machos	<ul style="list-style-type: none">Fabrico de Machos com a tecnologia “Hot Box”.
MOG-F3 – RM	Acabamento de Machos	<ul style="list-style-type: none">Rebarbagem dos machos.Pintura dos machos.Controlo Qualidade dos Machos
MOG-F4 - CF	Carregamento do Forno	<ul style="list-style-type: none">Carregamento do Forno (Lingote, Gitos)Controlo da constituição química do metal.
MOG-F5 - VA	Vazamento das Peças	<ul style="list-style-type: none">Vazamento manual em moldes permanentes, com movimento semiautomático.Manutenção do Banho do Forno (Aditivos).
MOG-F6 - MC	Manutenção e Armazém de Ferramentas	<ul style="list-style-type: none">Grenalhagem e limpeza das coquilhas;Armazenamento das ferramentas.Trabalhos de Manutenção e Reparações de ferramentas, substituição de componentes.

MOG-F7 - EA	Extração de areia	<ul style="list-style-type: none"> • Extração dos machos da peça; • Limpeza das peças;
MOG-F8 - CG	Corte de Gitos	<ul style="list-style-type: none"> • Corte dos gitos e rebarbas das peças.
MOG-F9 - GP	Grenalhagem Peças	<ul style="list-style-type: none"> • Grenalhagem das peças.
MOG-F10 - EX	Embalagem e Expedição	<ul style="list-style-type: none"> • Controlo Qualidade das peças; • Embalagem e Expedição das peças.

Para obtenção do produto final é necessário realizar uma sequência de trabalho que percorre os PT's, devendo estes ser dispostos na unidade fabril de forma a otimizar o processo produtivo. Para compreender melhor o funcionamento da empresa pode observar-se na Figura 20, o *layout* da unidade fabril com a identificação de cada um dos PT's. Para melhor visualização, apresenta-se o *layout* expandido, no Anexo I.

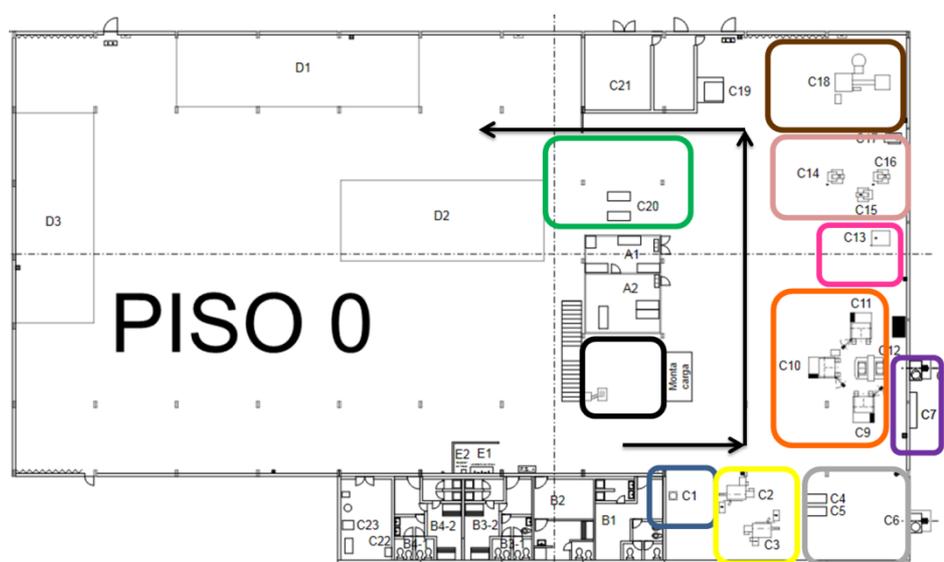


Figura 20 – *Layout* da DELABIE.

4.1.1 Posto de Carregamento de Forno

O posto F4-CF “Carregamento de Forno” tem como principais atividades o carregamento do forno e controlo do banho do forno. A visão geral deste PT é apresentada na Figura 21, sendo uma zona que se situa próximo à camara de carga do forno.



Figura 21 – Visão geral do posto F4-CF “Carregamento do Forno”.

A matéria introduzida na câmara do forno é constituída por dois tipos, o lingote adquirido a outra empresa, e as sucatas que são reaproveitados do processo de fundição (gitos, canais de saída de gases, rebarbas).

Na Figura 22 estão representados os tipos de carga adicionados ao forno.



a) Lingote Latão



b) Gitos adicionados ao forno.

Figura 22 – Exemplos da carga adicionada ao forno.

A DELABIE utiliza no seu processo produtivo duas referências de lingote de latão, a saber:

- CB752S (DZR) - CuZn35Pb2Al;
- CB754S - CuZn39Pb1Al.

O processo de manutenção do banho do forno, é realizado através da adição de um conjunto de produtos, que melhoram as suas propriedades e repõem determinados valores padrão:

- **LOGAS:** Desgaseificação do banho fundido de latão;
- **ALBRAL 3:** Fluxo de limpeza e proteção do latão;
- **DEOX TUBES:** Limpeza e desoxidação do fundido de latão;

- **Carvão:** Isolante térmico e proteção do banho.

Em Anexo XIV são apresentadas as fichas técnicas dos produtos utilizados neste posto.

4.1.1.1 Planos e Procedimentos de Trabalho

O processo de carregamento do forno é executado segundo as necessidades apresentadas pelos vazadores. Deste modo o operador executa as seguintes tarefas:

- A) Carregamento do Forno;
- B) Abastecimento de Material do PT;
- C) Manutenção do Banho do Forno.

4.1.2 Posto de Vazamento

O posto F5-VA “Vazamento”, cuja visão geral se pode ver na Figura 23, pertence à secção de fundição da empresa, tendo como principal atividade o vazamento por gravidade de peças em coquilhas.



Figura 23 – Visão geral do posto F5-VA “Vazamento”.

Considerado pela empresa como uma área a intervir com um maior grau de urgência, foram tomadas medidas ao nível da organização do espaço bem como alterados os seus procedimentos, com o objetivo de melhorar a sua qualidade e produtividade.

As principais características deste posto são apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8 – Características da tecnologia de fundição utilizada no posto de trabalho.

Características do vazamento na DELABIE	
Tecnologia Fundição	Vazamento por gravidade em moldação permanente
Forno	Elétrico de Indução (capacidade 900 kg)
Temperatura do Banho do Forno	985 °C
Movimentação das coquilhadoras	Semi-Automático
Material de Coquilhas	<ul style="list-style-type: none"> • Liga de Cobre; • Aço de médio teor em carbono- C40.
Temperatura de Coquilha para Vazamento	Entre 120 e 150 °C
Tipo de Arrefecimento	Imersão Banhos de Grafite.
Número de Coquilhadoras/ Vazadores	3/3

O vazamento manual é efetuado com uma colher metálica que, transfere uma determinada quantidade de latão fundido do forno para a cavidade das coquilhas, onde a rotação da coquilhadora torna a operação semi-automatizada. A colher de vazamento é aquecida antes de receber o metal líquido, sendo limpa regularmente.

Outros utensílios são utilizados neste posto, nas operações de manuseio das peças, limpeza e retificação de colheres, montagem, aquecimento e limpeza de coquilhas durante o processo de vazamento.

Na Figura 24 é apresentado um exemplar de uma referência produzida neste PT, após abertura da coquilha.



Figura 24 -- Exemplo de peça produzida no posto vazamento.

Para manter a temperatura das coquilhas dentro dos valores de temperatura indicados, o processo de trabalho é contínuo (cerca de 2 vazamentos por minuto).

4.1.2.1 Planos e Procedimentos de Trabalho

Sendo a principal atividade deste PT o Vazamento de peças, o seu “Modo Operatório” encontra-se dividido em 3 fases distintas da produção:

- A) Regulação da Máquina nas Mudanças de Série;
- B) Produção em Série;
- C) Início/ Interrupção/ Fim de Ciclo de Produção

O Vazamento de Peças é executado segundo uma sequência de trabalho programada, ao nível das ações e dos tempos, sendo uma atividade cíclica (ver Figura 25 e Figura 26).

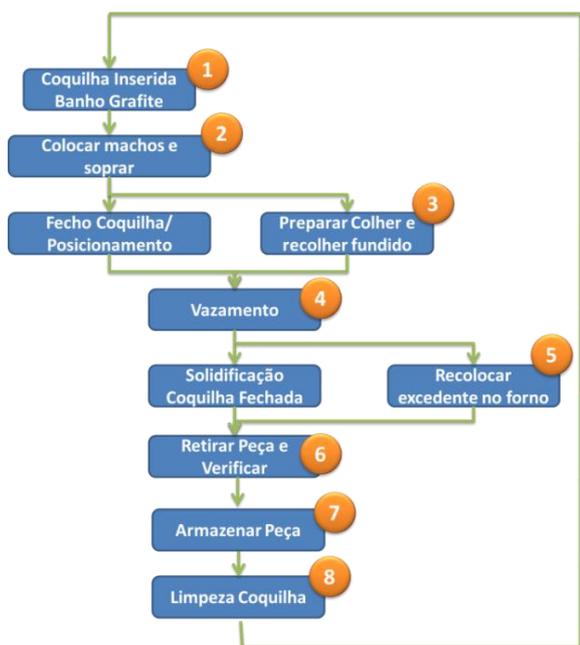


Figura 25 – Sequência de ações do PT Vazamento.



Figura 26 – Representação das etapas da sequência de produção em série.

4.1.3 Posto de Manutenção e Armazém de Ferramentas

O Posto de Trabalho F6-MF “Manutenção e Armazém de Ferramentas”, cuja visão geral se pode ver na Figura 27, têm como principais atividades a manutenção de ferramentas (coquilhas e caixas de machos), sendo também o espaço onde se faz a gestão e armazenamento destas ferramentas.



Figura 27 – Visão geral do posto F6-MF “Manutenção e Armazém de Ferramentas”.

Este PT dispõe de equipamentos de limpeza, uma mesa de trabalho para realizar as operações de manutenção e montagem das coquilhas e caixas de machos, e um conjunto de estantes para o seu armazenamento.

A DELABIE possui um elevado número de coquilhas e caixas de machos (cerca de 194), sendo um recurso de elevada importância para qualquer fundição. Ver Figura 28 e Figura 29.



Figura 28 – Representação de Coquilha.

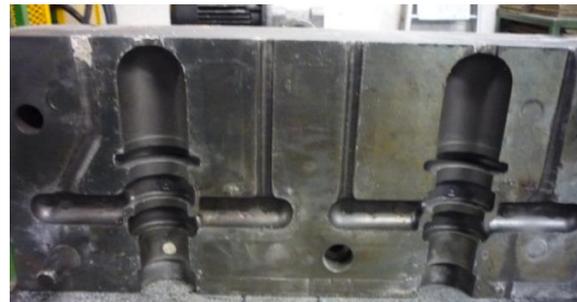


Figura 29 – Representação de Caixa de Machos.

Na Figura 30, é apresentada uma imagem de uma coquilha após o processo de limpeza e verificação.

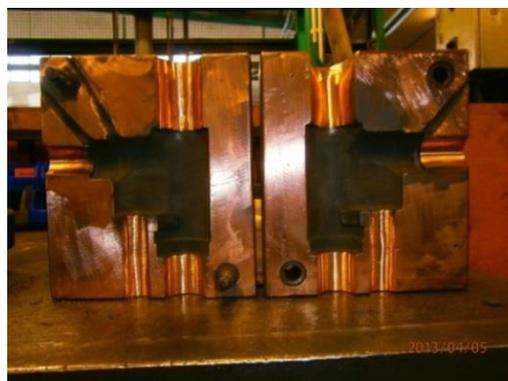


Figura 30 – Representação de referências de coquilha após serem efetuados os procedimentos de limpeza na DELABIE.

4.1.3.1 Planos e Procedimentos de Trabalho

A manutenção das ferramentas segue um procedimento de tarefas uniformizadas ao nível das operações (ver Figura 31). Quando é necessário efetuar alguma modificação na ferramenta, este trabalho é subcontratado a empresas de fabrico de moldações.

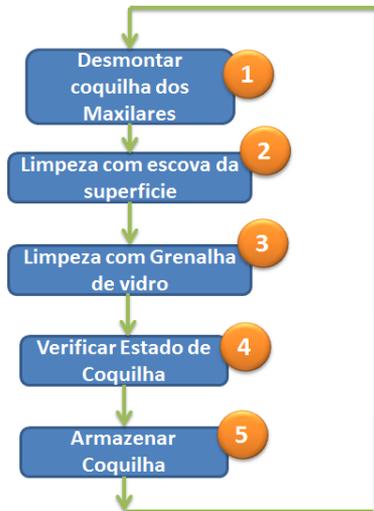


Figura 31 – Representação seqüência de trabalho PT-AF.

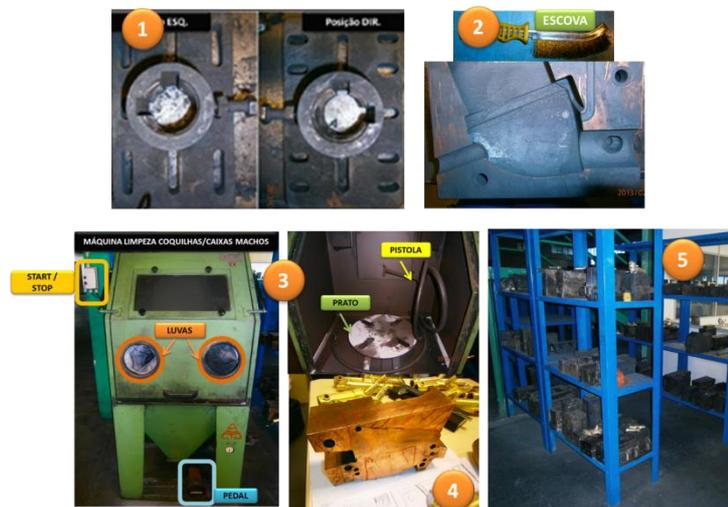


Figura 32 – Representação de etapas da seqüência do posto “Manutenção e Armazém de Ferramentas.”

5 Análise crítica da situação atual e identificação de problemas

Após identificar e descrever as atividades dos PT's, realiza-se neste capítulo uma análise crítica da situação atual da empresa, na organização da produção, espaço e estrutura do posto de trabalho e nos sistemas e procedimentos de controlo. Por fim, identificam-se os vários problemas, que em concordância com a empresa se decidiram explorar.

Em Anexo IV, é apresentada uma tabela síntese dos problemas encontrados.

5.1 Análise da Organização da Produção

Nesta análise serão evidenciadas as atividades que representam uma oportunidade de melhoria da organização da produção: Ciclo de Produção, *Setups*, Perturbações, Fluxos de Abastecimento e Documentos do Posto. Os dados recolhidos, serão utilizados no cálculo da Ocupação do Posto determinando assim como é utilizado o tempo dos vazadores.

5.1.1 Ciclo de Produção

Tendo como foco de análise o Ciclo de Produção do PT Vazamento, tornou-se importante fazer uma análise das várias atividades executadas no posto.

Neste contexto, os diagramas de sequência tornam-se bastante úteis para identificar alguns desperdícios imputados ao operador que, ocorrem durante um ciclo de trabalho. Para além dessa finalidade os diagramas de sequência permitem ainda sintetizar informações como, distancias percorridas e tempos de execução para cada atividade.

Foi elaborado um diagrama de sequência, através de um estudo dos tempos e distâncias de cada atividade. O diagrama e as técnicas utilizadas na recolha dos seus dados são apresentados em Anexo VI.

Na Tabela 9 pode ver-se uma síntese do número de atividades de cada tipo realizadas num ciclo de produção, sob o ponto de vista do Vazador.

Tabela 9 – Extrato do diagrama de sequência do posto de Vazamento.

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento		Resumo			
Diagrama nº: 1	Folha nº: 1				
PT: Posto de Vazamento- VP		Atividades	Atual	Proposto	Ganho
Referência Produto: MB700B		Operação	6		
		Transporte	3		
Atividade: Ciclo de Vazamento de Peças		Controlo	1		
		Espera	1		
		Armazenagem	1		
		Total			
Operadores: José Carlos		Distância (m)	8		
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)	45		

5.1.2 Setup's

O “*setup*” corresponde a todo o conjunto de procedimentos de preparação dos equipamentos para se mudar o produto em produção.

No caso do PT Vazamento o tempo de *setup* corresponde ao tempo que decorre entre o momento no qual é produzida a última peça de um produto, até ao instante no qual é produzida a primeira peça boa do produto seguinte.

Na Figura 33 é possível evidenciar as etapas relativas ao tempo de *setup* no PT de vazamento.



Figura 33 – Etapas do Tempo de Setup.

Na Tabela 10 são apresentadas as atividades e respetivos dados registados ao nível das movimentações e tempos necessários para a execução do *setup*.

Tabela 10 – Tempos e Deslocações necessários para realizar as atividades de Setup do Posto de Vazamento.

Atividade	TEMPO (hh:mm:ss)	Movimentações (m)
Encerramento de Máquina e Reset de Programação	0:00:30	4,00
Desmontagem Coquilha A da Máquina	0:03:00	2,00
Limpeza de encaixes da Máquina nos maxilares	0:02:00	2,00
Manutenção e lubrificação de máquina (Frequencial)	0:01:00	2,00
Transporte de Coquilha A até Posto Armazém	0:00:30	18,00
Desmontagem, Limpeza e Arrumo Coquilha A	0:10:00	8,00
Localização Nova Coquilha em Armazém	0:00:30	8,00
Montagem de pernos e Coquilha B no maxilar	0:02:00	2,00
Transporte de Coquilha B até Posto Vazamento	0:00:30	18,00
Montagem e aperto de Conjunto na Máquina	0:05:00	2,00
Posicionamento e regulação de velocidades de Rotação	0:03:00	5,00
Programação de Máquina (Tipo de Banho, Tempos Banho, Tempo Solidificação)	0:02:00	4,00
Aquecimento Coquilha	0:02:00	5,00
Testes iniciais de Validação	0:05:00	5,00
TOTAL	0:35:00	81,00

Estas operações só ocorrem no final de produção de uma encomenda, o que faz variar a sua frequência. Existindo 3 máquinas em produção, e pelo facto de inúmeras vezes se registarem situações de testes de coquilhas em fase de projeto ou alteração, obriga a que esta operação seja realizada em número considerável, média 3 vezes por turno.

As atividades de *setup* enunciadas estão a cargo de um único vazador (Vazador Formador), sendo obrigado a parar a sua produção, sempre que, ocorre uma situação de *setup* em alguma das coquilhadoras. Esta situação representa um caso de falta de polivalência dos colaboradores do posto, em que, ocorrendo um *setup* da sua máquina, na realidade estão duas máquinas em situação de não produção, afetando ainda mais a produtividade do posto.

Pelos desperdícios e situações de desorganização registadas, foi decidido atuar nesta atividade, ao nível dos procedimentos e competências.

5.1.3 Perturbações

Além dos *setups*, foram recolhidos, a pedido da DELABIE, dados relativamente às perturbações no Posto de Vazamento. Como o próprio nome indica, uma perturbação é qualquer ocorrência que perturba o correto funcionamento do posto de trabalho. Estas podem fazer com que a máquina pare ou que, mesmo não parando, produza algum desperdício.

Relativamente ao PT de Vazamento, existem diversos tipos de causas que dão origem às

perturbações, sendo representadas na Figura 35 através de um diagrama de *Ishikawa*.

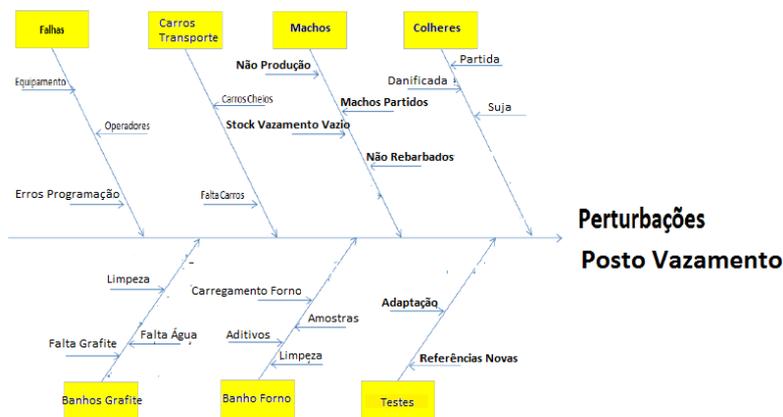


Figura 34 – Perturbações do posto de vazamento.

Como se pode verificar pelo diagrama, as perturbações no posto de vazamento podem ter origem em sete tipos de causas, sendo elas:

- **Falhas:** Quanto às falhas, estas devem-se sobretudo a três variáveis: falhas no equipamento (mecânicas e elétricas), parâmetros de fundição incorretos (erros programação/ controlo), e, erros causados pelos próprios operadores
- **Carros de Transporte:** Gestão errada dos carros de transporte de peças, carregamento dos carros;
- **Machos:** Não abastecimento de *racks* de machos, machos com defeitos,
- **Colheres:** Manutenção de colheres, limpeza e substituição de colheres partidas.
- **Banhos de Grafite:** Manutenção de banho de grafite e limpeza de tinas.
- **Banho Forno:** Carregamento e Manutenção de banho do forno.
- **Testes:** Realização de testes de referências não validadas para produção.

O impacto destes problemas no posto pode ser medido face à quantidade de peças não conformes e ao tempo gasto nestas ações. Para uma conclusão acerca destas perturbações foi efetuada uma amostragem de 8 horas, que corresponde a um turno de produção.

Na Tabela 11, apresenta-se o tempo desperdiçado por tipo de perturbação, sendo a respetiva percentagem face ao total das causas apresentado na Figura 35.

Tabela 11 – Tempo de respetiva causa de Perturbação (Posto Vazamento) durante um turno.

PERTURBAÇÕES	TEMPO por Turno (hh:mm:ss)
Falhas	0:15:00
Carros Transporte	0:05:00
Machos	0:05:00
Colheres	0:30:00
Banhos Grafite	0:15:00
Banho Forno	1:00:00
Total	2:10:00

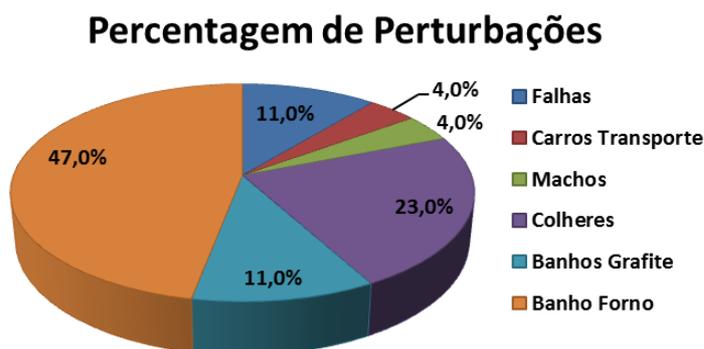


Figura 35 – Percentagem das respetivas causas de perturbações.

A partir desta análise, é possível constatar que a principal causa de perturbação é o banho do forno, que corresponde às atividades de Manutenção e Carregamento do Forno.

5.1.4 Ocupação do Posto de Vazamento

Face à observação e recolha de dados do PT Vazamento, verificou-se que os operadores do posto de vazamento, durante o seu funcionamento, deparam-se com quatro situações distintas: **produção útil**; **setups**, **perturbações**; **Testes especiais** e **Ajudar o Colega**.

Os testes especiais evidenciados do posto de vazamento, referem-se a testes de coquilhas em fase de projeto ou modificação.

No Gráfico 1 é apresentada a comparação dos diferentes fatores e seu peso na ocupação do posto de vazamento por turno (8 horas). Em ANEXO VII, apresenta-se o estudo de tempos que serviu de base para estes resultados.



Gráfico 1 – Comparativo da ocupação do posto de vazamento por turno.

Em primeiro importa referir, que a ocorrência de testes especiais é muito relativa, pois enquanto num turno pode existir uma grande necessidade de realização de testes, nos seguintes turnos pode já não existir ocorrência dos mesmos, sendo estes valores apresentados de uma forma meramente representativa.

Quanto às perturbações e aos *setups* é possível verificar que o seu peso é substancial, representando em conjunto cerca de 34% da ocupação do posto.

De referir que foram observadas situações em que os operadores do sector de vazamento não conseguiam ter cadência de produção para os sectores seguintes, situação em parte explicada pela baixa percentagem de produção útil que os vazadores apresentam. Estas situações eram remediadas através de implementação de horas extra, de forma a aumentar a produção deste posto em particular.

Esta análise evidencia o estrangulamento produtivo do posto de vazamento e as dificuldades imputadas aos seus colaboradores, sendo importante, aplicar um conjunto de medidas que permitam aumentar a sua produção útil.

5.1.5 Fluxos de Abastecimento

O principal fluxo de material registado ocorre no PT Carregamento do Forno, sendo que esta atividade não se encontra normalizada neste momento ao nível das quantidades e movimentos.

O operador desloca-se até ao armazém onde faz o abastecimento de materiais, que posteriormente transporta num carrinho até uma balança onde regista o peso das cargas. Por fim realiza o transporte até ao PT Carregamento do Forno. Este fluxo de materiais é unidirecional, sendo uma situação típica de uma zona de consumo (ver Figura 36).

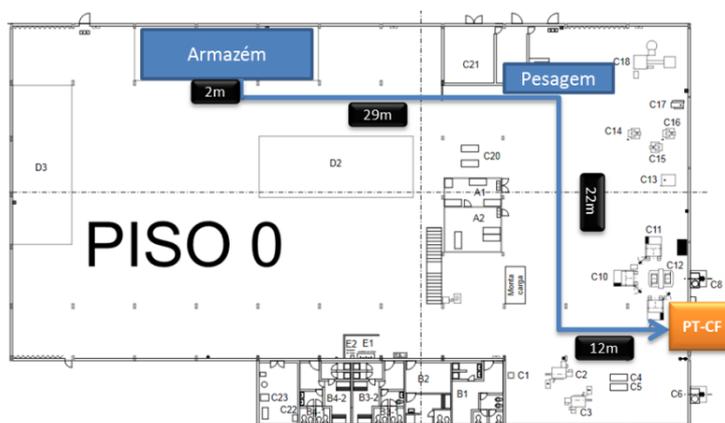


Figura 36 – Fluxo de materiais das famílias de produção.

Apesar de, este abastecimento depender dos consumos do vazamento que são variáveis, em média são consumidos cerca de 1000 kg por turno. O sistema de transporte existente permite transportar de cada vez cerca de 30 lingotes. Esta limitação obriga a que o operador, em média, execute esta operação 4 vezes por turno.

Resumindo, na Tabela 12, apresentam-se os esforços que esta atividade representa por turno.

Tabela 12 – Quadro resumo de análise de esforços no fluxo de materiais.

GASTO POR ABASTECIMENTO				GASTO POR TURNO		
Tempo (hh:mm:ss)	Movimentações (m)	CARGA (kg)	Frequência	Tempo (hh:mm:ss)	Movimentações (m)	CARGA (kg)
0:15:00	130	300	4	0:60:00	520	900

5.1.6 Documentos do Posto de Trabalho

Os Pt's analisados e o sistema de produção em geral demonstram pouco desenvolvimento ao nível da documentação e meios de registo de informação. Esta falta de auxílio coloca, os operadores a executarem atividades segundo os seus critérios, causando situações de discussão sobre os procedimentos, não uniformização das atividades e erros de inexperiência. Outro problema causado pela falta de documentos do posto é o facto de, impedir que se crie um histórico que permita avaliar as ações executadas, com o objetivo de melhoria contínua do PT e sistema de produção em geral.

5.2 Espaço e estrutura do Posto de Trabalho

Tendo como ponto de partida a situação registada no início deste trabalho, fez-se uma identificação dos problemas encontrados no espaço dos PT's selecionados, que tem influência sobre a produção, o controlo, a qualidade dos produtos e o bem-estar ocupacional dos operadores.

5.2.1 Posto de Carregamento

Devido às limitações registadas no fluxo de matéria para o PT de carregamento, verifica-se que o meio de transporte não é o mais adequado (ver Figura 37).

Outra situação registada prende-se com, a segurança do local durante as atividades de inserção dos lingotes e gitos na camara de carregamento do forno. Não existindo nenhuma proteção desta camara, na situação de o metal líquido ficar instável, põe em risco o operador, ou mesmo pessoas que estejam a passar por essa zona (ver Figura 38).



Figura 37 – Representação de carro de transporte de material para o PT carregamento.



Figura 38 – Representação de camara de carregamento sem sistema de proteção.

5.2.2 Posto de Vazamento

Uma das situações que afeta o ciclo de produção é, a disposição da mesa de trabalho (ferramentas, caixas de machos) e da estrutura de disposição de peças, estando o abastecimento do lado contrário ao de colocação da peça final, o que obriga os vazadores a realizar duas deslocações.

Para melhor compreender estas deslocações entre a máquina e o forno, estas são representadas no diagrama da Figura 39.

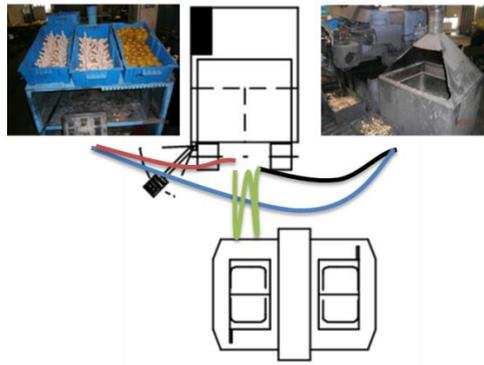


Figura 39 – Diagrama de deslocações da sequência de vazamento (PT Vazamento).

Deste modo, é possível repensar o local destas duas prateleiras de forma a realizar estas atividades de uma só vez.

Ao nível das estruturas, algumas desta apresentam uma obsolescência e inadequação com os parâmetros e procedimentos definidos pela DELABIE (ver Figura 40).

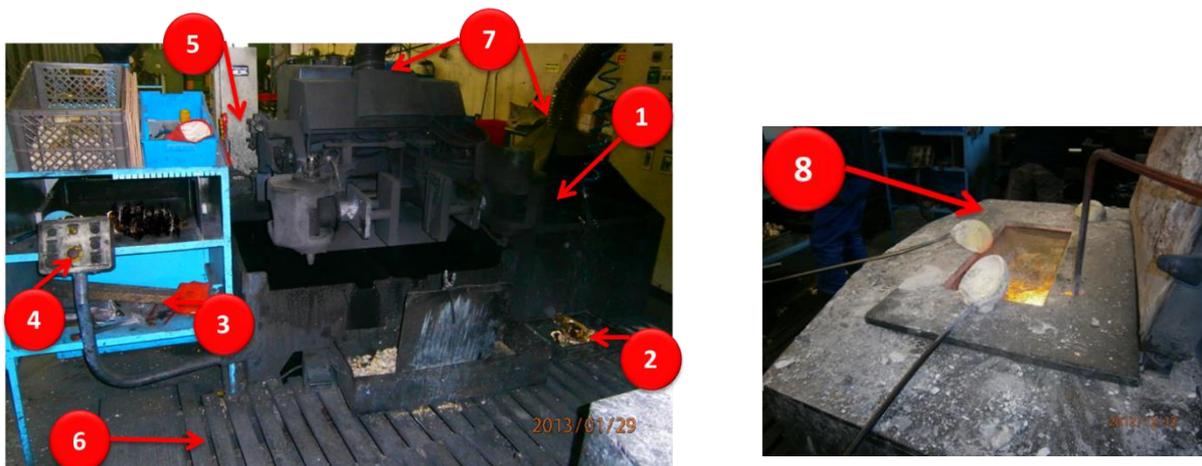


Figura 40 – Representação de problemas no posto de vazamento.

1. Peças após vazamento, ficam sobrepostas, não sendo possível coloca-la numa posição vertical até que o processo de solidificação esteja concluído;
2. Os operadores colocam as peças não conformes, em estruturas muito pequenas e não sinalizadas;
3. Não existe uma localização definida para arrumo e disposição das ferramentas e utensílios;
4. Consola de comando demasiado afastada da posição de vazamento;
5. As máquinas não contem proteção lateral, podendo ocorrer situações perigosas;

6. O piso do posto é suspenso e constituído por barras de madeira, não sendo o material mais indicado para este PT;
7. Sistema de extração de gases danificado, expondo os operadores aos gases e fumo do processo;
8. Camara de recolha de material de fundido sem proteção;
9. Não existe nenhuma estrutura (mesa), onde se possa colocar a ferramenta que irá entrar em produção, obrigando os operadores a deslocar-se até ao armazém de ferramentas.

5.2.3 Posto de Manutenção e Armazém de Ferramentas

O posto de armazenamento é constituído principalmente por prateleiras de armazenamento de ferramentas (coquilhas e caixa de machos), estando estas dispostas por uma ordem aleatória, e sem qualquer identificação da sua localização (ver Figura 41), o que leva a perdas de tempo na procura das ferramentas. Isto revela uma situação de falta de organização e gestão das ferramentas, visto estas por vezes saírem da fábrica para realizar operações de manutenção, não havendo registo da sua saída e entrada na fábrica.

A banca de manutenção das ferramentas, apresenta por vezes situações de desorganização dos utensílios, não havendo uma separação por *racks*.



Figura 41 – Representação de problemas no posto de Manutenção e Armazém de ferramentas.

5.3 Análise dos Sistemas e Procedimentos de Controlo

Neste subcapítulo apresenta-se, a análise dos procedimentos e meios de controlo disponíveis nos PT's. As atividades de controlo do processo produtivo, estabelecem como objetivo a otimização do processo, que passa pela diminuição da sua variância e prevendo os acontecimentos, com o apoio do *know how* adquirido pela empresa sobre, o processo que executa.

Tendo um controlo e registo dos parâmetros que, influenciam o processo de produção, é possível criar uma base de informação, permitindo convergir a fase de projeto com os resultados práticos, representando uma oportunidade de redução dos custos associados.

5.3.1 Posto de Carregamento

5.3.1.1 Análise Química do Latão

O posto realiza um controlo químico diário da matéria-prima inserida no forno (lingote e gitos), e de amostras do banho do forno, sendo a análise realizada em laboratório da DELABIE (ver Figura 42). Os valores medidos são, registados numa folha que contem os intervalos de conformidade dos elementos analisados, segundo a norma *standard NF EN 1982*.

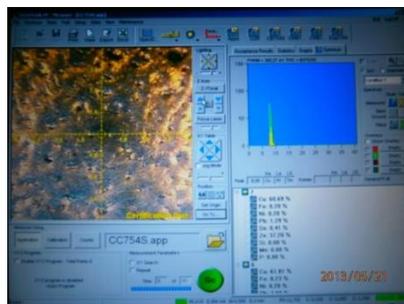


Figura 42 – Representação de análise química de amostra pela técnica de fluorescência de raio x (XRF).

Na análise química realizada, não é verificada a percentagem de alumínio na liga, devido a restrições do equipamento de análise. Sendo um elemento de enorme importância na definição das propriedades de colabilidade do latão, torna-se prioritária a sua quantificação.

5.3.1.2 Controlo Carregamento do Forno

Quanto à frequência do carregamento e respetiva proporção de lingotes e gitos, não existe um controlo das operações. Este é um problema de enorme importância, que deve ser resolvido com vista a uniformizar a liga em produção. Neste aspeto não existe qualquer documentação de registo das cargas, ou de suas proporções. Ficando estas operações ao critério do operador, corre-se o risco de aumentar a variabilidade do processo, podendo afetar assim a qualidade da liga.

5.3.2 Posto de Vazamento

Este PT foi, o principal foco de desenvolvimento deste projeto, tendo sido realizada uma análise às ações de controlo em execução, ou em vias de implementação por parte da empresa.

5.3.2.1 Controlo e Programação de Equipamentos (Coquilhadora)

As máquinas de vazamento semiautomáticas permitem, controlar e ajustar os seguintes movimentos e parâmetros:

- Tipo de vazamento (Frontal e Lateral);
- Inclinação (Frontal, Lateral)
- Velocidade de rotação (Frontal, Lateral)
- Tipo de banho da coquilha;
- Tempo de Banho da Coquilha (Metade esquerda e direita);
- Tempo de Coquilha fechada;

O operador responsável pela montagem das coquilhas e sua programação apresenta, alguns valores de referências registados num caderno do posto, não existindo documentação ou base de dados que contenha os valores dos parâmetros para as diferentes referências a produzir.

Desta forma o processo de programação é definido pelo operador e sua experiência no posto, podendo deixar o posto exposto a situações de, dependência deste operador, erros de programação, não evolução e uniformização do processo.

Na Figura 43 é, representado o painel de programação e a consola de controlo dos movimentos da coquilha.



a) Painel de programação da coquilhadoras.



b) Consola de controlo dos movimentos coquilhadoras.

Figura 43 – Equipamentos de programação e controlo de máquinas coquilhadora.

5.3.2.2 Controlo Térmico (Banho do Forno e Coquilhas)

O forno está equipado com, um painel de controlo programável para diferentes níveis de potência, que são atuados de acordo com a temperatura do banho do forno (ver Figura 44).



Figura 44 – Representação do painel de controlo do forno

No âmbito de normalização do processo de fundição, foi estipulado pela DELABIE, a fixação do valor de temperatura de vazamento, sendo esse valor definido em $985\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10$. O forno encontra-se assim, em autocontrolo a partir da comparação deste valor fixo com o registado pela sonda de temperatura. Esta encontra-se localizada a 15 cm da superfície, obtendo-se assim a temperatura do material na saída do forno (ver Figura 45).

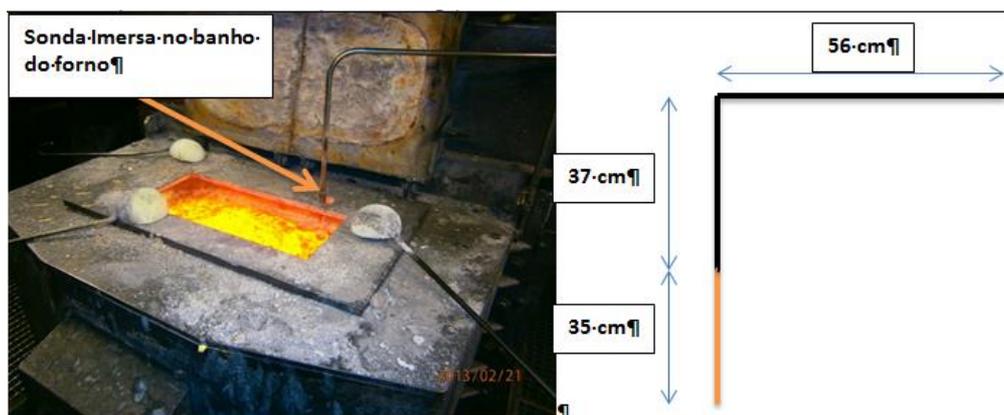


Figura 45 – Representação de esquema de localização da sonda de temperaturas do banho do forno.

O controlo térmico efetuado nas coquilhas é, realizado esporadicamente no início de produção, por uma pistola de laser infravermelhos, não existindo no entanto um registo térmico ou base de dados que, permita criar uma relação com os problemas encontrados.

5.3.2.3 Controlo Banhos Grafite

Os banhos de grafitização são constituídos por um tipo de grafite (GRAFICOL 85) em solução com água, sendo a sua composição e manutenção efetuada pelos operadores. Neste procedimento, não existe qualquer controlo sobre a proporção e frequência de adição de grafite e água, dos níveis do banho, ou mesmo da sua substituição. A ficha técnica da grafite apresenta-se incompleta em alguns aspetos de enorme importância como, a sua percentagem de carbono e densidade.

Sendo o revestimento de grafitização de enorme importância para o vazamento e qualidade superficial das peças, devem ser implementadas atividades de monitorização e controlo dos banhos de grafite.

5.3.2.4 Controlo Parâmetros específicos de produção

Quanto aos tempos de produção, não existe nenhum registo ou indicação no Modo Operatório, tendo em conta que, devido às características de cada peça, deva ser realizada uma análise específica. Neste campo existem variáveis de extrema importância que devem ser indicadas, para a otimização da produtividade e da qualidade das peças, onde se destacam:

- Tipo, Tempo e Frequência de limpeza da coquilha;
- Controlo Qualidade específico das peças;
- Número de vazamentos por hora executados.

5.3.3 Posto de Armazém e Manutenção de Ferramentas

5.3.3.1 Controlo das ferramentas (Coquilhas e Caixa de Machos)

É de grande importância para uma empresa de fundição, fazer uma monitorização das suas ferramentas (Coquilhas e Caixa de Machos), pois, para além do seu elevado custo, uma má gestão destas, afeta diretamente a produção e a qualidade dos produtos. Neste sentido, são efetuadas as seguintes atividades:

- Controlo e registo de modificações nas ferramentas;
- Controlo de estado das ferramentas antes e após produção.

No entanto, este controlo precisa de ser melhorado, ao nível da documentação utilizada, ocorrendo situações de não registo ou erros devido há falta de procedimentos nestas atividades.

6 Implementação de Ações de Melhoria

Neste capítulo são, apresentadas algumas das propostas de melhoria e sua implementação, com o objetivo de, solucionar ou diminuir o efeito dos problemas identificados no capítulo anterior. O plano de ações implementado é, apresentado em Anexo V.

6.1 Organização da Produção

6.1.1 Modificação da Sequência do Ciclo de Produção PT Vazamento

Após análise da sequência de trabalho do PT Vazamento, alterou-se a disposição de alguns equipamentos, o que permitiu executar as seguintes modificações do ciclo de Produção:

- Executar tarefa de Armazenamento de Peça e Recolha de Machos na mesma atividade;
- Diminuir a deslocação entre Coquilhadora e Forno.

Posteriormente, efetuou-se um novo estudo dos tempos e distâncias de cada atividade. O diagrama e as técnicas utilizadas, na recolha dos seus dados são, apresentados em Anexo VI.

Na Tabela 13 apresenta-se, uma síntese do número de atividades de cada tipo, realizadas num ciclo de produção, sob o ponto de vista do Vazador.

Tabela 13 – Extrato do diagrama de sequência do posto de Vazamento.

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento					
Diagrama nº: 1	Folha nº: 1	Resumo			
PT: Posto de Vazamento- VP		Atividades	Atual	Proposto	Ganho
Referência Produto: MB700B		Operação	6		
		Transporte	3		
Atividade: Ciclo de Vazamento de Peças		Controlo	1		
		Espera	1		
		Armazenagem	0		
		Total			
Operadores: José Carlos		Distância (m)	4		
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)	37		

A aplicação da Sequência de Trabalho Normalizada no PT Vazamento, permitiu otimizar e uniformizar as atividades executadas, reduzindo o tempo por ciclo de 45s para 37s, e as movimentações de 8m para 4m.

6.1.2 Atividades de Setup

Sendo as atividades de *Setup* necessárias para a produção, foram realizadas modificações com o objetivo de otimizar estas atividades e reduzir o tempo de paragem provocado, afetando o menos possível a produção.

Assim realizaram-se as seguintes modificações:

- Alteração dos responsáveis de execução de atividades de *setup*;
- Colocação de ferramentas e utensílios necessários para atividades de *setup*, em mesa própria no PT Vazamento.

Ao rever os responsáveis pela execução das atividades de *setup* colocou-se, o próprio vazador da máquina a realizar as mudanças de ferramentas. Esta polivalência evita que, o vazador responsável do posto pare a sua produção.

A situação de, o operador não ter as ferramentas e utensílios preparados para executar as operações de *setup*, aumentava o tempo de paragem de produção. Assim, optou-se por uma estratégia preventiva, em que, as ferramentas eram preparadas e disponibilizadas num local próprio antes de uma referência terminar a sua produção. Estas atividades de preparação das ferramentas foram delegadas a um colaborador que não fosse vazador, pois obrigava a que o vazador interrompesse a sua produção.

Na Tabela 14 apresenta-se a nova sequência de atividades e respetivos dados registados na execução do *setup*.

Tabela 14 – Tempos e Deslocações necessários para realizar as atividades de Setup do Posto de Vazamento.

Atividade	TEMPO (hh:mm:ss)	Movimentações (m)
Encerramento de Máquina e <i>Reset</i> de Programação	0:00:30	4,00
Desmontagem Coquilha A da Máquina e Colocação na mesa Própria	0:04:00	4,00
Limpeza de encaixes da Máquina nos maxilares	0:02:00	2,00
Manutenção e lubrificação de máquina (Frequencial)	0:01:00	2,00
Recolha de Coquilha B Pré-Preparada e Montagem de Conjunto na Máquina	0:04:00	4,00
Posicionamento e regulação de velocidades de Rotação	0:03:00	5,00
Programação de Máquina (Tipo de Banho, Tempos Banho, Tempo Solidificação)	0:01:00	4,00
Aquecimento Coquilha	0:02:00	5,00
Testes iniciais de Validação	0:05:00	5,00
TOTAL	0:22:30	35,00

A **modificação das atividades de *setup*** no PT Vazamento, permitiu obter vantagens diminuindo o tempo de *setup* de 35min para 22min e das suas movimentações de, 81m para 35m.

6.1.3 Perturbações

De forma a, reduzir o tempo e o número de ocorrência de perturbações no posto de vazamento, foram tomadas algumas medidas no posto:

- **Falhas equipamento e operadores**→ Planeamento de manutenção dos equipamentos; ações de formação interna; Definição de Parâmetros de Programação.
- **Falhas Carros de Transporte**→ Renovação de carros; estipulação de número mínimo de carros livre; Identificação de carros; Estrutura assinalada para peças não conformes.
- **Machos Não conforme no posto de vazamento**→ Controlo de qualidade no posto de pintura e rebarbagem;
- **Manutenção de colheres**→ Manutenção realizada em espaço próprio; Colheres suplentes disponíveis; Manutenção realizada por colaborador não vazador; atividade de manutenção colher uniformizada.
- **Manutenção banhos Grafite**→ Manutenção uniformizada; programação de atividades de manutenção do banho; responsabilidade atribuída a colaborador não vazador.
- **Banho do Forno**→ Operação de manutenção do banho realizadas em horários programados, no início ou fim de turnos dos vazadores.
- **Testes**→ Realização de testes de referências de forma programada, promovendo a sua realização em alturas de maior disponibilidade.

Após serem executadas estas alterações, foi efetuada uma nova avaliação dos tempos despendidos pelos vazadores nestas atividades (ver Tabela 15).

Tabela 15 – Comparação das causas de Perturbação (Posto Vazamento) durante um turno

PERTURBAÇÕES	TEMPO (Turno) (hh:mm:ss)
Falhas	0:10:00
Carros Transporte	0:05:00
Machos	0:10:00
Colheres	0:00:00
Banhos Grafite	0:00:00
Banho Forno	1:00:00
Total	1:25:00

Os ganhos nas **perturbações** a que, os vazadores estão sujeitos representam, um parâmetro mais difícil de quantificar devido à aleatoriedade de ocorrência de alguns fenómenos. No entanto em condições normais, as modificações permitiram reduzir o impacto das perturbações de 2h10min para 1h25min, no decorrer de um turno

6.1.4 Ocupação do Posto de Vazamento

As alterações implementadas na Organização da Produção do PT Vazamento tiveram, um impacto positivo, verificando-se um aumento da produção útil do posto para cerca de 70% (ver Gráfico 2)



Gráfico 2 – Comparativo da ocupação do posto de vazamento por turno (Após implementação de Melhorias)

6.1.5 Fluxos de Abastecimento

Neste âmbito foram, realizadas alterações no abastecimento de material do forno (Lingote e gitos) do posto de carregamento, a saber:

- **Abastecimento de Material Posto carregamento** → Transporte de material para posto de carregamento em porta paletes (Diário).

Sendo a distância entre o armazém e o PT Carregamento do Forno a mesma, foram calculados novamente, os tempos e distâncias despendidas nesta ação (ver Tabela 16).

Tabela 16 – Quadro resumo de esforço no fluxo de materiais com a alteração de sistema de abastecimento.

GASTO POR ABASTECIMENTO				GASTO POR TURNO		
Tempo (hh:mm:ss)	Movimentações (m)	CARGA (kg)	Frequência	Tempo (hh:mm:ss)	Movimentações (m)	CARGA (kg)
0:05:00	130	Até 1500	1	0:05:00	130	1100

A colocação de **novo porta cargas, e a normalização das atividades de transporte de lingotes do armazém até ao PT Carregamento do Forno** permitiu, aumentar significativamente a capacidade de transporte de lingotes e gitos para o posto de carregamento, adequando assim este fluxo às necessidades da produção. Isto refletiu-se numa diminuição da frequência desta atividade de 4 para 1, diminuindo o tempo despendido (15min para 5min) e das distâncias percorridas (520m para 130m) no decorrer de um turno.

6.1.6 Documentos dos Postos de Trabalho

Nesta secção são apresentadas as propostas relacionadas com a criação de documentos nomeadamente: a criação de manuais para cada um dos PT's "Modo Operatório Geral", "Modo Operatório Especifico", documentos de definição de responsabilidades (Chefe Equipa, Vazador Formador e Vazador), folhas de identificação e outros documentos que promovam a melhoria dos PT's.

6.1.6.1 Manual "Modo Operatório Geral"

Para sintetizar os documentos de apoio aos operadores na execução das suas tarefas, criou-se um manual para cada PT (ver Figura 46). Este manual segue, uma estrutura normalizada, com o intuito das informações contidas serem de fácil e rápida compreensão, bem como promover a troca de informação entre os diferentes postos de trabalho, sendo a sua estrutura é dividida em:

- 1. Operador;
- 2. Posto de Trabalho/ Maquina;
- 3. Ferramentas;
- 4. Matéria-prima;
- 5. Planos e Procedimentos de Trabalho;
- 6. Manutenção Preventiva;
- 7. Higiene e Segurança;

- 8. Limpeza do Posto de Trabalho;
- 9. Reciclagem/ Tratamento dos Resíduos.
- 10. Manuseamento, Armazenamento e Condições Especiais.

Estes manuais, devem ser afixados numa estante dedicada à documentação no posto de trabalho, para que caso surja alguma dúvida, todos possam ter acesso à informação.

DELABIE		MODO OPERATÓRIO		Raf. Doc.	MOGA_PLJ2
Posto :		VAZAMENTO		Data:	20-Fev-2013
1 OPERADOR					
1-1 Formação: Consultar tabela de competências.					
1-2 Condições especiais: Exige um porte de carga superior a 2 kg					
2 POSTO DE TRABALHO / MÁQUINA					
<ul style="list-style-type: none"> - Forno: FOR-001; FOR-002; - Sonda Temperatura: SON-001; SON-002; - Coquilhadeiras: COQ-001; COQ-002; COQ-003; COQ-004; COQ-005; - Escovas circulares: ESC-001; ESC-002; ESC-003; ESC-004; ESC-005; - Pistola de ar comprimido: PIS-001; PIS-002; PIS-003; PIS-004; PIS-005; - Mesa de trabalho/controlo: MES-001; MES-002; MES-003; MES-004; MES-005; - Maçarico: MAC-001; MAC-002; MAC-003; MAC-004; MAC-005; - Carro de Transporte: CAR-001; CAR-002; CAR-003; CAR-004; CAR-005 					
3 FERRAMENTAS					
Data	Emp. EMISSÃO	Data	Emp. VERIFICAÇÃO	Data	Emp. APROVAÇÃO
...	Nome: Gilberto Gonçalves Rubens	...	Nome: Frederico Coelho Rubens	...	Nome: Frederico Coelho Rubens

Figura 46 – Extrato de um manual de posto de trabalho. (Posto de vazamento)

Em Anexo III são, apresentados os manuais do “Modo Operatório Geral” criados para os PT’s “Carregamento do Forno”, “Vazamento” e “Manutenção e Armazém de Ferramentas”.

6.1.6.2 Manual “Modo Operatório Especifico”

Devido à especificidade de produção das diferentes referências existentes na empresa, foram criados para o posto de vazamento “Modos Operatórios Específicos”, que contem informação para produzir uma determinada referência.

Estas fichas foram desenvolvidas de acordo com, uma estrutura normalizada, estando esta dividida em:

- 1. Preparação;
- 2. Fabrico;
- 3. Controlo;

Estes documentos devem ser arquivados na estante dedicada a documentação no posto de vazamento, para que quando uma determinada referência entrar em produção, o operador responsável possa afixar e retirar a informação necessária (ver Figura 47).

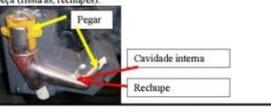
Modo Operatório Específico		Ref. Doc.	MOE-02-MB700B v1
DELABIE	Posto:VAZAMENTO	MB700B	Data: 01-Jul-2013
1 PREPARAÇÃO			
✓ Localização Cogilha Armazém: 01-C-10 (COQ 1) ✓ Temperatura Banho: 990 ± 5 °C			
PROGRAMAÇÃO			
Tipo de Vazamento:	LATERAL, com arrefecimento e rot. fora do banho.		
Tempo de banho ESQ:	1,1 s		
Tempo de banho DIR:	0,9 s		
Tempo de solidificação:	7 s		
Tipo banho:	Face do Topo do gito		
AJUSTE REGULADORES MANUAIS			
Inclinação Frontal:	6,5 °		
Inclinação Lateral:	6,5 °		
✓ Pré-Aquecimento cogilha: 140 °C			
2 FABRICO			
✓ Colocação do Macho: Macho duplo deve ser colocado pela ordem representado na figura. ✓ Tipo Colher: Colher de pega lateral Diâmetro= 120 mm			
			
Colocação do Macho	Posição de Vazamento	Lâmpara da cogilha	
✓ Intervalo Lâmpara (AMARELO): 2 peças ± 1 → Lava ou escova manual ("borboto grafite"); ✓ Intervalo Lâmpara (AZUL): 0 peças ± 2 → Escova Manual e barra (limpar espumas) ✓ Peso Peça com Gito/sem gito:1236g / 899g ✓ Vazamentos /hora: 60 ✓ Qtd. Carro: 200			
3 CONTROLO			
Controlar visualmente a superfície da peça (fissuras, rechupe).			
			
Data :	Resp. EMISSÃO:	Data :	Resp. VERIFICAÇÃO:
Nome :Gilberto G. Rubrica :		Nome : Frederico C. Rubrica :	
		Data :	Resp. APROVAÇÃO:
		Nome : Frederico C. Rubrica :	

Figura 47 – Exemplar de ficha de um “Modo Operatório específico”. (Referência MB700)

Em Anexo XI são apresentados alguns exemplares destes documentos.

6.1.6.1 Documento Definição de Posto

Devido ao facto de, algumas atividades e procedimentos serem executados por pessoas diferentes, decidiu-se estabelecer responsabilidades na execução das tarefas, sendo assim discriminadas as atividades realizadas pelo chefe de equipa, vazador formador e vazador, sendo estes os três cargos com atividades nos postos analisados.

Assim foram criados 3 documentos, que seguem a seguinte estrutura:

- 1. Razão de Ser;
- 2. Missão Principal;
- 3. Missão Secundária;

Estes documentos devem ser fornecidos aos respetivos responsáveis, sendo, realizadas reuniões de esclarecimento da informação, para assim ultrapassar resolver problemas da sua implementação bem como esclarecer possíveis dúvidas na sua execução.

Em Anexo X pode ver-se os documentos de definição de posto criados.

6.2 Espaço e estrutura de posto de Trabalho

Nesta secção são, apresentadas as modificações “físicas” implementadas para, solucionar os problemas relacionados com os PT’s, nomeadamente, a reconfiguração do posicionamento das bancadas e estruturas e aquisição de novos equipamentos. Adaptando os postos de trabalho às exigências e requisitos da produção, promove-se a melhoria contínua da qualidade, produtividade e bem-estar dos operadores no posto de trabalho.

6.2.1 Posto de Carregamento

Devido ao problema enunciado de, segurança da camara de carga do forno, projetou-se uma estrutura metálica com o objetivo de, criar uma barreira protetora entre a camara e o espaço envolvente. Esta previne assim os possíveis salpicos de matéria-prima, bem como cria um isolamento físico desta área contra agentes externos (ver Figura 48).



Figura 48 – Representação da estrutura metálica de proteção da camara de carregamento do forno.

Devido inadequação dos equipamentos de transporte de carga da zona de armazém para, o posto de carregamento, decidiu-se adquirir novos equipamentos e estruturas de armazenamento (ver Figura 49).



a) Porta Paletes



b) *Big Box* Armazenamento Gitos



c) Caixas de gitos

Figura 49 – Equipamento e estruturas de transporte da carga para o posto de carregamento.

Devido ao facto de, os operadores do posto de vazamento também realizarem atividades no posto de carregamento, reorganizou-se a mesa de documentos, e adquiriu-se novos quadros de colocação de informação de controlo e produção, estando assim facilmente visíveis e acessíveis para os dois postos (ver Figura 50).



Figura 50 – Representação de mesa e quadro de documentos do posto de vazamento e carregamento do forno.

6.2.2 Posto de Vazamento

No espaço do PT Vazamento foram realizadas diversas alterações, com o objetivo de melhorar e adaptar o posto às necessidades pretendidas (ver Figura 51).

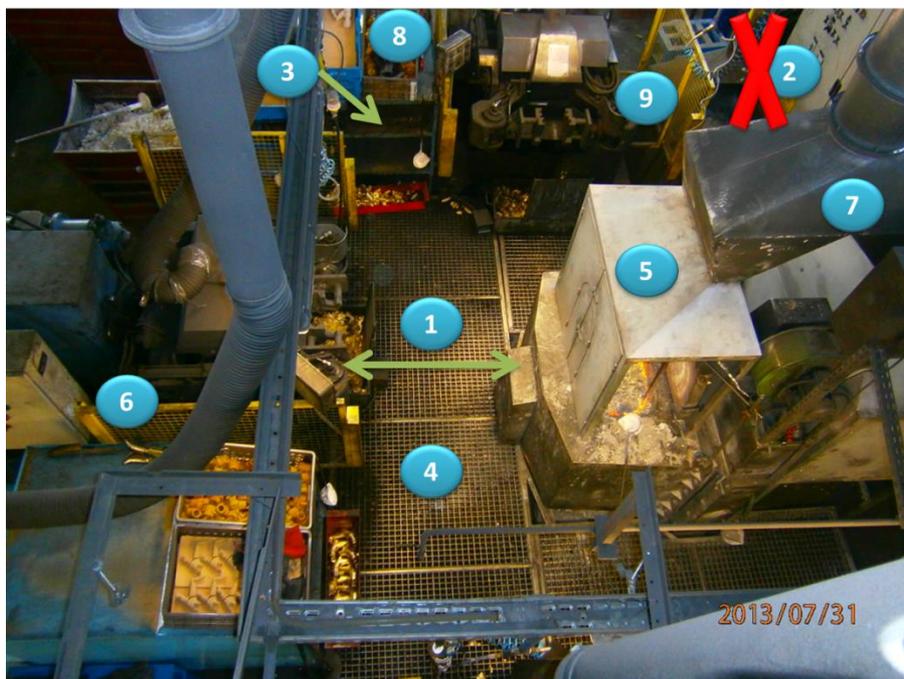


Figura 51 – Representação de novo esquema de posicionamento das máquinas e estruturas.

- 1. As coquilhadoras foram aproximadas do forno em 30 cm, diminuindo distância percorrida pelo vazador;
- 2. Eliminação de estrutura de deposição de peças;
- 3. Desenvolvimento de mesa de trabalho única (Colocação peças, *racks* de machos, ferramentas);
- 4. Substituição de piso de madeira por grelha metálica, aumentando a segurança e facilidade de limpeza do posto.
- 5. Estrutura de proteção de camara de saída do forno, aumentando a segurança;
- 6. Colocação de barreiras laterias de proteção, isolando assim a zona de movimentação da máquina.
- 7. Substituição de tubagens do sistema de extração de gases, reduzindo os gases e fumos do posto e aumentando assim a performance do sistema.
- 8. Modificação de posicionamento da consola de comando da coquilhadora.
- 9. Sistema de recolha de tubo pistola de ar e maçarico

A nova mesa de trabalho (ver Figura 52) apresenta, uma zona para colocação de peças conformes, um recipiente a vermelho para peças não conformes e uma estante onde devem ser colocadas as ferramentas necessárias para a execução do trabalho, tendo cada operador uma mala de ferramentas própria. Para colocação de determinadas peças com período de solidificação superior projetou-se, uma placa removível que mantenha as peças numa posição vertical. Esta posição promove um fluxo térmico no sentido do topo da peça, evitando problemas de rechupes laterais no canhão ou abatimentos de matéria não solidificada (ver Figura 53).



Figura 52 – Representação da mesa de trabalho do posto de vazamento.



Figura 53 – Representação placa removível de posicionamento vertical das peças.

De forma a antecipar e diminuir as pausas de *setup*, foi projetada uma estrutura para cada máquina, onde deve ser colocada a seguinte referência a produzir, já montada nos maxilares, ficando a cargo dos vazadores o encaixe e programação desta na coquilhadoras (ver Figura 54).



Figura 54 – Representação de estrutura de apoio à troca de ferramentas (Coquilhas e Colheres).

6.2.3 Posto de Manutenção de Armazém de Ferramentas

Devido ao número de ferramentas elevado (96 referências diferentes), este posto sofreu uma alteração na disposição da estrutura de armazém de ferramentas, sendo criado um sistema de posicionamento das ferramentas codificado. Assim o espaço disponível foi dividido em 102 posições, atribuindo a cada posição uma referência de coquilha e respetiva caixa de machos (ver Figura 55).



Figura 55 – Representação das modificações realizadas no armazém de ferramentas.

Para facilitar na localização de determinada referência, foi criado um manual “Lista de Ferramentas” que, contem as informações gerais de cada coquilha. Ver Anexo XII.

Outra vantagem registada no posto foi a sua organização e possibilidade de gestão de saídas e entradas de ferramentas, através da colocação de etiquetas com o nome da empresa onde se situa a ferramenta (situação de envio da ferramenta para retificação ou produção em empresa subcontratada).

6.3 Sistemas e Procedimentos de Controlo

Nesta secção são, apresentados os sistemas de controlo e registo de dados implementados nos postos de trabalho analisados, tendo como objetivo melhorar, a monitorização do processo e o aprofundamento do conhecimento do deste e suas variáveis.

O registo dos dados resultantes do controlo e sua monitorização permitem, criar uma base de dados dos valores de parâmetros que influenciam o processo, auxiliando o projeto de coquilha numa convergência para a situação real.

Sendo as tecnologias de fundição influenciadas por, um conjunto de muitas variáveis de controlo, as causas de defeitos de peças produzidas podem por vezes ser várias, sendo da responsabilidade dos projetistas, analisar os resultados e escolher as alterações a executar.

6.3.1 Controlo Matéria-prima (Latão)

O controlo da matéria-prima representa, uma atividade de enorme importância em tecnologias de fundição, em que, os elementos de liga e seu peso influenciam, parâmetros de vazamento e de qualidade final das peças. O seu conhecimento e monitorização permitem, relacionar possíveis problemas, para além de, representar uma oportunidade de criação de valor para a empresa e seus produtos.

O estudo do latão desenvolvido neste trabalho iniciou-se com, a definição de critérios de amostragem, estabelecidos internamente pela DELABIE e em parceria com o fornecedor de lingote (AFICA). Ver Tabela 17. As análises realizadas tiveram como foco, compreender as alterações e influências dos processos de transformação de fundição sobre o material, realizando-se três tipos de amostras:

- Lingote (Inserido no Forno);
- Gitos (Inserido no Forno);
- Banho do Forno.

Tabela 17 – Critérios de amostragem de estudo da matéria-prima.

Período	8 dias
Amostragem diária Lingote	1 amostra por carga
Amostragem diária gitos	1 amostra por carga
Amostragem diária Forno	5 amostras (distribuídas pelo turno)

Devido à extensão da folha de resultados, este são apresentadas na sua totalidade em Anexo VIII.

6.3.1.1 Proporções de Carregamento do Forno

Sendo a carga do forno constituída por diferentes elementos (lingote e gitos), realizou-se uma monitorização das respetivas proporções adicionadas ao forno, indicando também o tipo de liga de latão a que pertencem. Os resultados desta monitorização são apresentados na Figura 56 e Tabela 18.

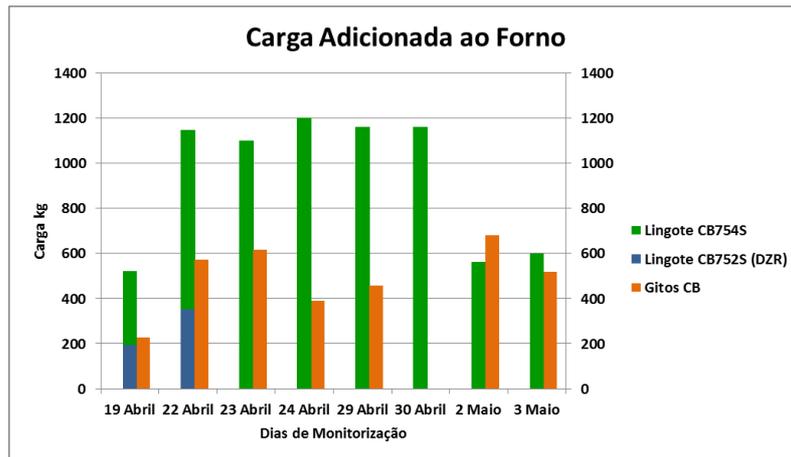


Figura 56 - Monitorização da carga adicionada ao forno no período de estudo químico.

Tabela 18 - Percentagem de de cada elemento da carga inserida no forno.

	19 Abril	22 Abril	23 Abril	24 Abril	29 Abril	30 Abril	2 Maio	3 Maio
%Lingote CB754S	44	46	64	76	72	100	45	54
%Lingote CB752S (DZR)	26	21	0	0	0	0	0	0
%Gitos Prod. CB754S	0	0	36	24	28	0	55	46
%Gitos Prod. CB752S (DZR)	30	33	0	0	0	0	0	0

Analisando os dados desta monitorização verifica-se, uma variação das proporções de carregamento, o que demonstra, a não uniformização desta atividade.

6.3.1.2 Análise e controlo da constituição Química do Latão (DELABIE- AFICA)

Após seriação das amostras retiradas, estas foram analisadas no laboratório da DELABIE, num equipamento de análise de materiais por fluorescência de raios-X (XRF), um OXFORD INSTRUMENTS modelo x-STRATA 920 (ver Figura 57 e Figura 58). A ficha técnica deste equipamento é apresentada em Anexo VIII.



Figura 57 – Representação de amostras retiradas na DELABIE.



Figura 58 – Representação de Equipamento de análise química OXFORD Instruments X-STRATA.

O equipamento apresenta um programa de calibração para cada tipo de liga a analisar, sendo os elementos analisados de acordo com esse programa apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 – Elementos analisados pelo equipamento de análise química laboratório DELABIE.

Programa de Calibração	CB754S	CB752S (DZR)
Elementos analisados	Cu; Fe; Ni; Pb; Sn; Zn; Si; Mn	Cu; Fe; Ni; Pb; Sn; Zn; Si; Mn; Sb; As.

Um dos principais problemas/ limitações na análise realizada na DELABIE é, a não possibilidade de analisar o alumínio das amostras, sendo este um elemento de grande influência nas propriedades de colabilidade do latão.

De modo a obter os valores da %Al, as amostras foram posteriormente enviadas para a AFICA, a quem se encomendou uma análise química das mesmas. Esta empresa realiza a sua análise química pelo método de Espectrofotometria, obtendo-se assim, resultados que serviram de termo de comparação.

Na Tabela 20, são apresentadas as gamas de conformidade dos elementos, segundo a NORMA NF EN 1982 para a liga de latão **CuZn39Pb1Al-B (CB754S)** e **CuZn35Pb2Al-B CB752S (DZR)**.

Tabela 20 - Gamas de controlo de Elementos de ligas analisadas na DELABIE. Norma NF EN 1982.

Composition	Material	CB754S		CB752S (DZR)	
		% MINI	% MAXI	% MINI	% MAXI
Cu	Cobre	58	63	61,5	64,5
Fe	Ferro	0	0,7	0	0,3
Ni	Níquel	0	1	0	0,2
Pb	Chumbo	0	2,5	1,5	2,2
Sn	Estanho	0	1	0	0,3
Zn	Zinco	30,45	41,5	31,52	36,66
Si	Silício	0	0,005	0	0,02
Mn	Manganês	0	0,5	0	0,1
Al	Alumínio	0	0,8	0,3	0,7
Sb	Antimônio	-	-	0	0,02
As	Arsênio	-	-	0,04	0,14

Análise Química de amostras de Lingote

Nos gráficos seguintes são apresentados os valores da análise química realizada às amostras de **Lingote**, estabelecendo uma comparação entre os resultados obtidos na DELABIE e na AFICA.

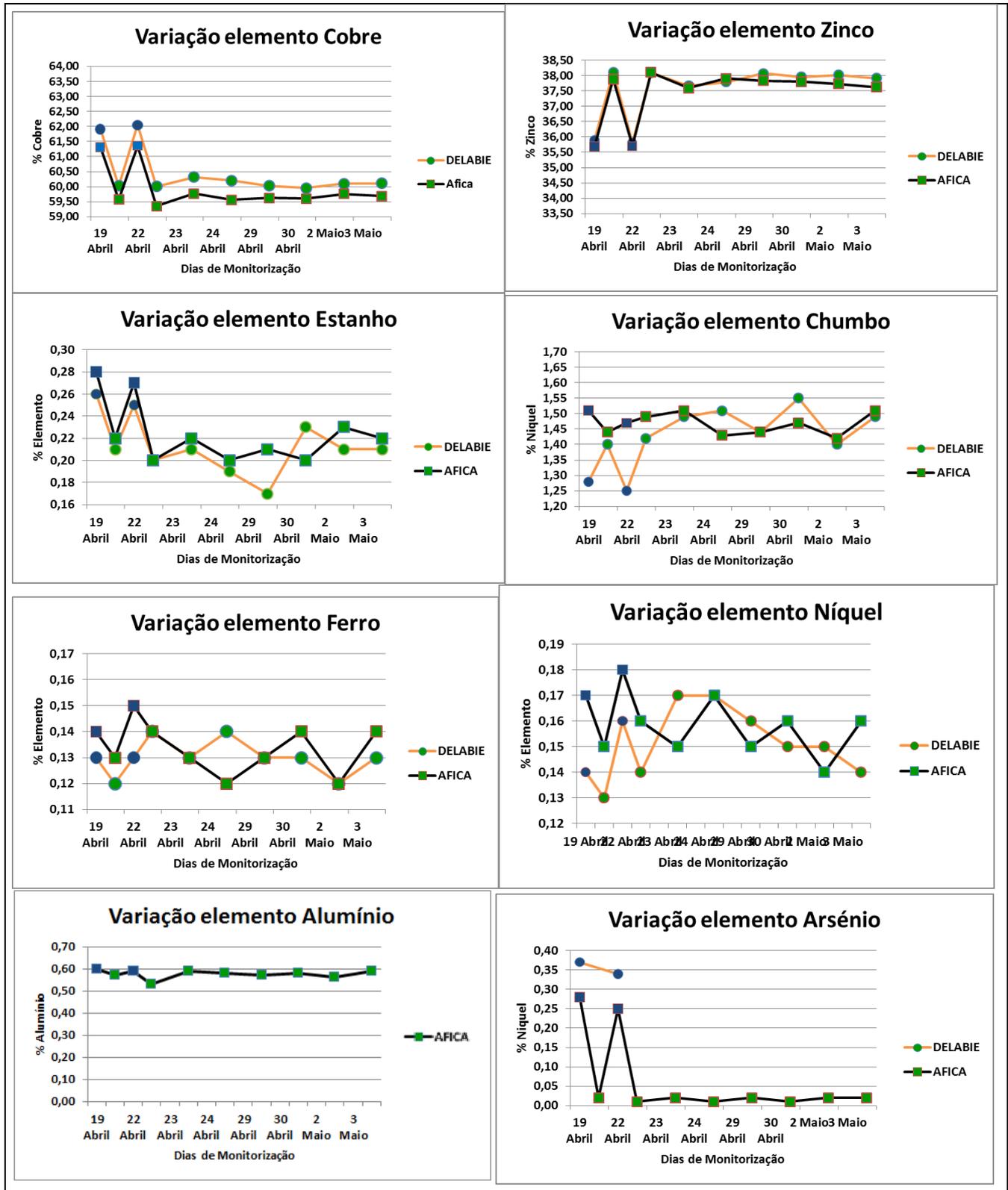


Figura 59 – Representação de Gráficos de percentagem de elementos nas amostras de lingote.

As marcas apontadas nos gráficos com cor azul correspondem a lingote da referência CB752S (DZR), sendo as marcas verdes relativas a lingote CB754S.

Comparando a liga DZR com a CB754S, obtém-se as seguintes conclusões:

- Superior % Cu lingote DZR em relação lingote CB754S (cerca de 1,5%);
- Inferior % Zn lingote DZR em relação lingote CB754S (cerca de 2%);
- Semelhança de % Sn, Pb, Fe, Ni e Al entre lingote das duas ligas;
- Superior % As lingote DZR em relação lingote CB754S (cerca de 0,25%)

Tendo como ponto de vista a comparação de resultados entre a análise da DELABIE e da AFICA, obtém-se as seguintes conclusões:

- Superior % Cu da análise DELABIE em relação à da AFICA (cerca de 0,5%);
- Semelhança de % Zn entre as duas análises;
- Semelhante % Sn, Pb, Fe e Ni, entre as duas análises;
- Programa análise DELABIE não deteta %Al, sendo os valores registados apenas na análise AFICA.
- Superior % As lingote DZR na análise DELABIE (cerca de 0,15%). Programa análise DELABIE liga CB754S não deteta %As, sendo os valores registados apenas na análise AFICA;

É boa prática os lingotes de fundição utilizados serem acompanhados de certificado de garantia de qualidade onde se refira, pelo menos, a composição química da liga. Em ligas resistentes à dezincificação, os certificados deverão, igualmente, garantir aquela propriedade, baseada, em princípio, em normas internacionais.

Análise Química de amostras de Gitos

Nos gráficos seguintes são apresentados os valores da análise realizada às amostras de **Gitos**, estabelecendo uma comparação entre os resultados obtidos na DELABIE e na AFICA.

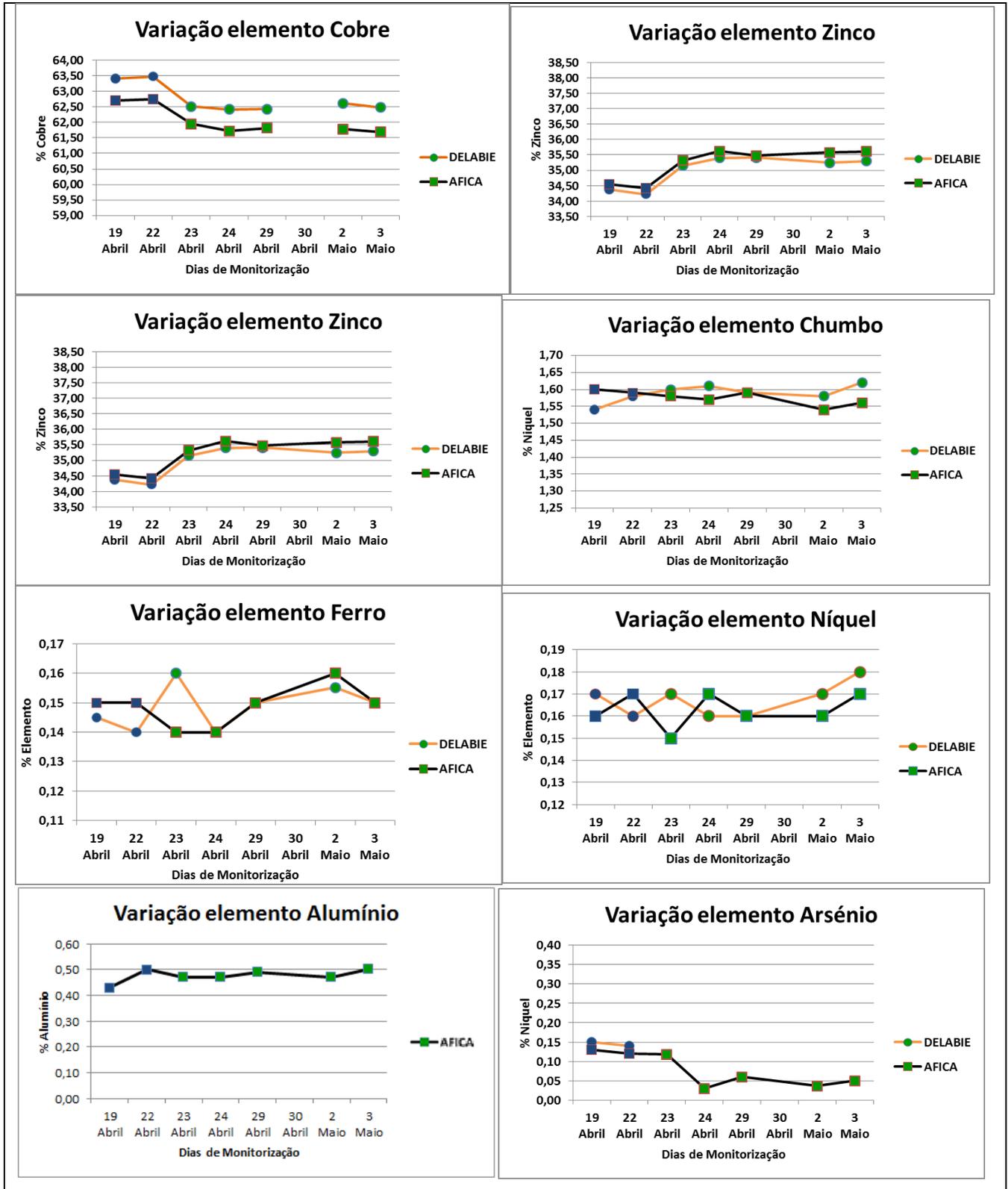


Figura 60 – Representação de Gráficos de percentagem de elementos nas amostras de Gito

As marcas apontadas nos gráficos com cor azul correspondem a gitos provenientes da produção DZR, sendo as marcas verdes relativas a gitos de produção apenas com latão CB754S.

Comparando os gitos de produção DZR com a CB754S, obtém-se as seguintes conclusões:

- Superior % Cu gitos DZR em relação gitos CB754S (cerca de 0,75%);
- Inferior % Zn gitos DZR em relação gitos CB754S (cerca de 1%);
- Semelhança de % Sn, Pb, Fe, Ni e Al entre gitos de produção nas duas ligas;
- Superior % As gitos produção DZR em relação gitos produção CB754S (cerca de 0,1%);
- **Superior % Cu gitos em relação lingote (cerca de 1,25%);**
- **Inferior % Zn gitos em relação lingote (cerca de 2,5%);**

Estes resultados vão de encontro ao esperado devido, à inferior temperatura de volatilização do zinco que origina perdas deste elemento durante, o processo de transformação da matéria-prima por fundição. A refusão de gitos e sucata interna deve ter em conta possíveis variações de composição química das ligas aquando da fusão anterior. Particularmente, o zinco, por ser um elemento volátil e facilmente oxidável, apresenta quebras de teor, o que implica a necessidade de fazer adições ponderadas de zinco metálico para compensar aquelas perdas e manter os níveis desejáveis de fluidez e vazabilidade das ligas.

Tendo como ponto de vista a comparação de resultados entre a análise da DELABIE e da AFICA, obtém-se as seguintes conclusões:

- Superior % Cu da análise DELABIE em relação à da AFICA (cerca de 0,5%);
- Semelhança de % Zn entre as duas análises;
- Semelhante % Sn, Pb, Fe e Ni, entre as duas análises;
- Programa análise DELABIE não deteta %Al, sendo os valores registados apenas na análise AFICA;
- Superior % As lingote DZR na análise DELABIE (cerca de 0,15%). Programa análise DELABIE liga CB754S não deteta %As, sendo os valores registados apenas na análise AFICA;

Análise Química de amostras do Banho do Forno

Nos gráficos seguintes são apresentados os valores da análise realizada às amostras do **Banho do Forno**, estabelecendo uma comparação entre os resultados obtidos na DELABIE e na AFICA.

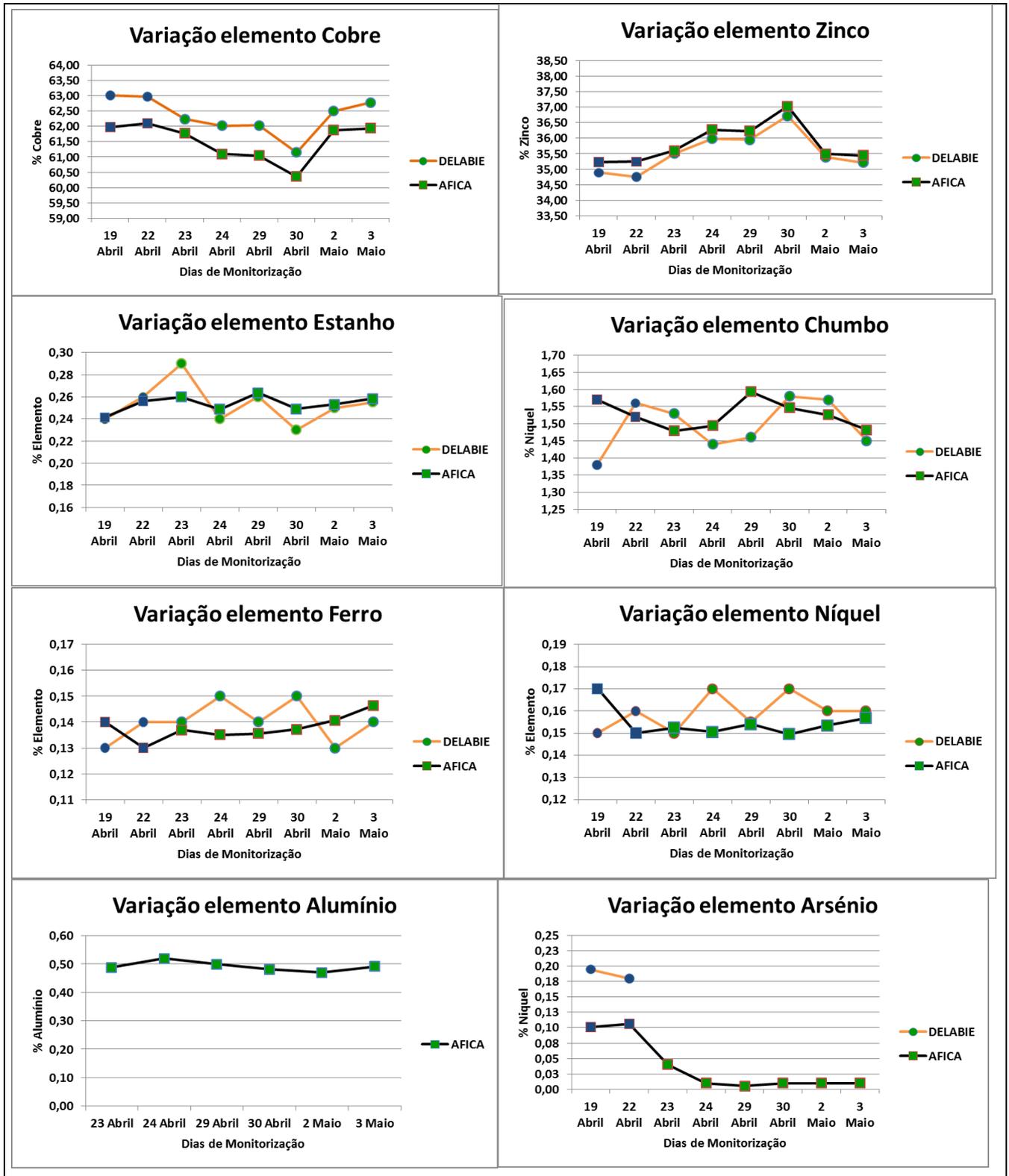


Figura 61 – Representação de Gráficos de percentagem de elementos nas amostras do Forno

As marcas apontadas nos gráficos com cor azul correspondem a amostras do banho do forno em produção DZR, sendo as marcas verdes relativas a amostras do forno em produção apenas com latão CB754S.

Analisando os resultados das amostras do banho, obtém-se as seguintes conclusões:

- Desvio Padrão %Cu=0,62% e de %Zn=0,65%;
- Utilizando semelhante percentagem de gitos ($\approx 30\%$), em produção DZR ocorre um aumento da %Cu média (cerca de 1%);
- Utilizando semelhante percentagem de gitos ($\approx 30\%$), em produção DZR ocorre uma diminuição da %Zn média (cerca de 1%);
- Com o aumento da proporção de gitos, o valor de %Cu aumenta e %Zn e %Al diminui;

Nos dias 2 e 3 de Maio verificou um aumento considerável da proporção de gitos inserida, que resultou numa variação considerável dos valores de Cu e Zn. Esta variação pode acarretar problemas acrescidos no processo de vazamento, sendo boa conduta manter estes valores dentro de uma gama de controlo mais apertada. Isto só é possível com a introdução de regras e processos de controlo que permitam uniformizar as proporções de carregamento do forno.

6.3.1.3 Análise Química do Latão em Processo controlado (DELABIE- AFICA)

Após se analisar que o processo de carregamento do forno não se encontrava organizado, definiram-se proporções limite de carga de gitos, para cada tipo de liga em produção. Deste modo foram definidas as seguintes regras de carregamento:

Produção Peças CB754S

- 3 Lingotes CB754S (≈ 30 kg)
- 1 Caixa de Gitos CB754S (≈ 15 kg).

Produção Peças DZR

- 1 Lingotes DZR (≈ 10 kg)
- 2 Lingotes CB754S (≈ 20 kg)
- 1 Caixa de Gitos CB754S (≈ 15 kg).

Deste modo pretende-se limitar a proporção de gitos no carregamento para um **máximo de 30%**.

Seguindo este procedimento, foi executada uma nova amostragem. Ver Tabela 21

Tabela 21 – Critérios de amostragem de análise Química do Latão.

Período	5 dias
Amostragem diária Forno	5 amostras (distribuídas pelo turno)

As cargas e respetivas proporções adicionadas ao forno são, apresentadas na Figura 62 e Tabela 22 respetivamente.

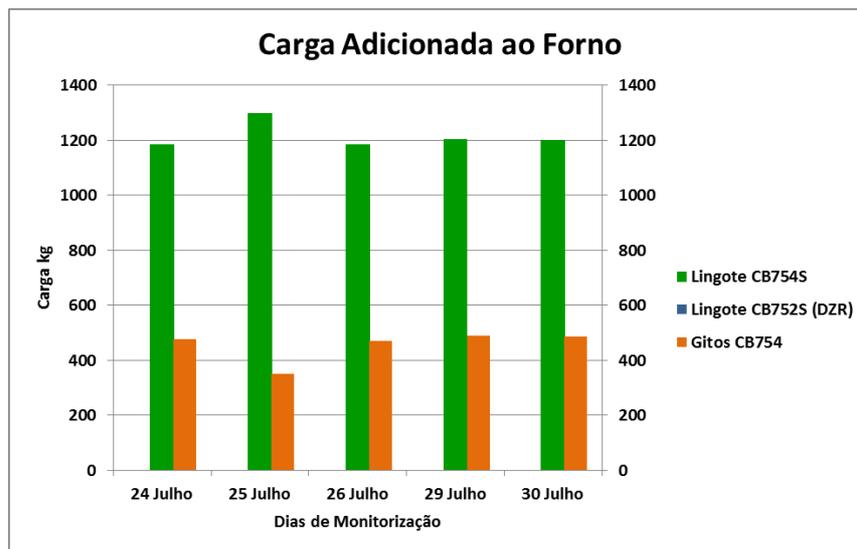


Figura 62 - Monitorização da carga adicionada ao forno no período de estudo químico em controlo.

Tabela 22 - Percentagem de de cada elemento da carga inserida no forno.

	24 Julho	25 Julho	26 Julho	29 Julho	30 Julho
%Lingote CB754S	71	79	72	71	71
%Gitos Prod. CB754S	29	21	28	29	29

Análise Química de Banho do Forno

Nos gráficos seguintes são, apresentados os valores da análise química das amostras do banho realizadas na DELABIE.

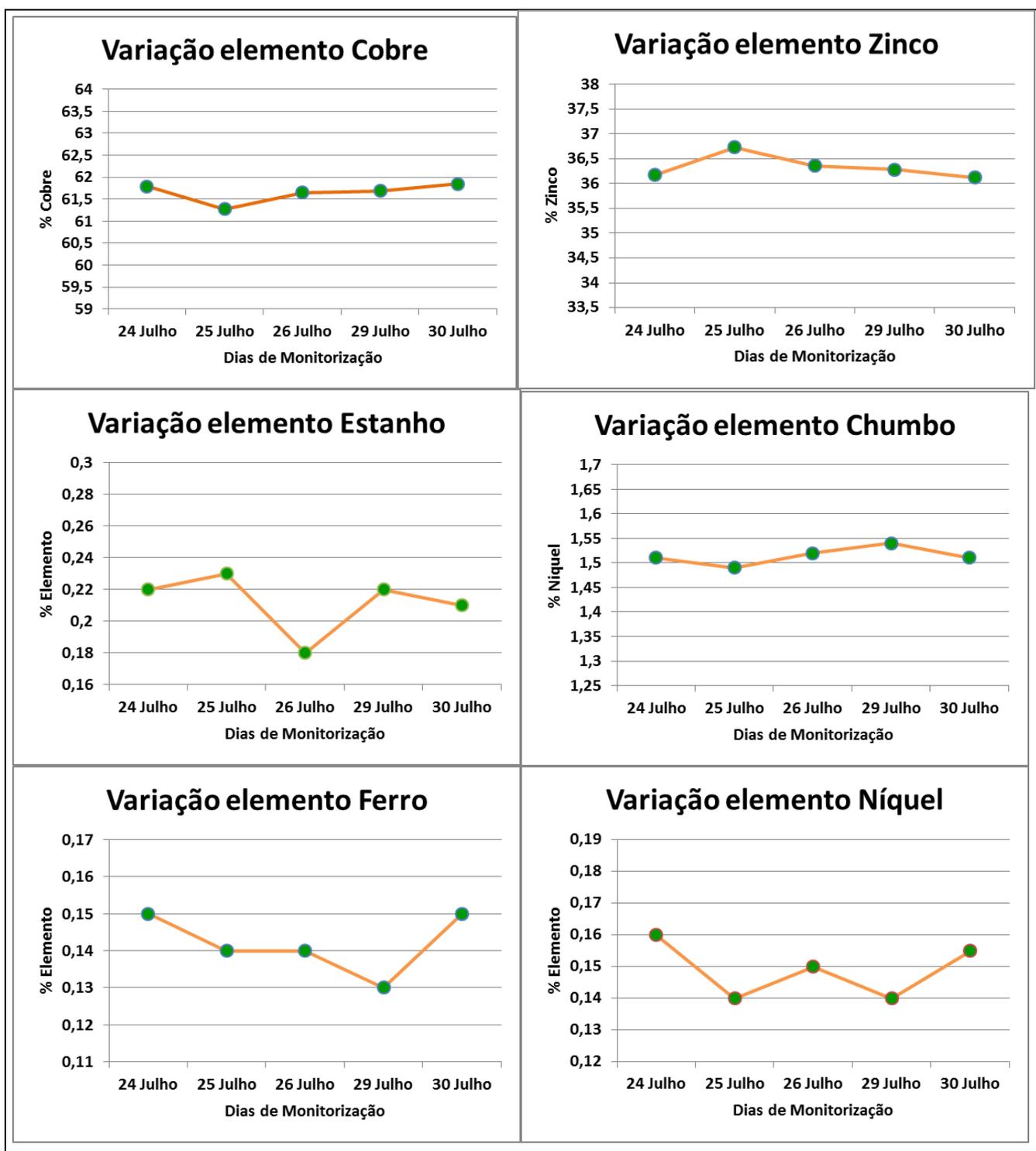


Figura 63 – Representação de Gráficos da percentagem de elementos nas amostras do Forno (análise DELABIE).

Comparando esta amostragem com a realizada anteriormente, podemos retirar as seguintes conclusões:

- Menor variação da percentagem dos elementos, sendo o Desvio Padrão %Cu=0,23% e de %Zn=0,24%;
- Estabilização da % Cu em cerca de 61,75% ;
- Estabilização da % Zn em cerca de 36,50%;

6.3.2 Controlo de Banhos de Grafite

Devido ao aquecimento das coquilhas no processo de vazamento, é necessário projetar um sistema de arrefecimento que, permita recolocar as temperaturas da coquilha novamente numa gama conforme (130-150°C), para se efetuar novamente um vazamento. O arrefecimento da coquilha, em banhos de Grafite consiste, numa operação de imersão num recipiente contendo, uma emulsão de grafite em água, realizando assim o arrefecimento e a pintura simultaneamente (ver Figura 64).



Figura 64 – Representação de coquilha sem cobertura grafite (a), e com cobertura de grafite (b).

Os banhos de grafite apresentam, funções muito importantes na fundição de latão em coquilha, destacando as seguintes:

- **Proteção da coquilha** (Evitar agressão direta do metal líquido e diminuir o efeito de choque térmico inerente; Evitar colagem/soldadura do metal vazado à parede da moldação e eliminar eventuais defeitos superficiais do fundido);
- **Regular as condições de arrefecimento** (Controlar a direção de solidificação do fundido e, conseqüentemente, a sua composição metalográfica; Evitar o arrefecimento prematuro das zonas de menor espessura dos fundidos);
- **Lubrificar** o molde e promover a desmoldação da peça;
- **Uniformizar superfície da coquilha** (Corrigir defeitos superficiais causados pelo desgaste da coquilha).

A fim de promover corretamente, as funções referidas, a pintura grafitizante deverá, obedecer a alguns requisitos e características, a saber:

- Ser bom isolante térmico;
- Possuir elevado poder lubrificante;

- Não ser corrosivo relativamente ao material da moldação;
- Ser inerte relativamente à liga vazada.
- Ter uma granulometria adequada (fina);
- Ter uma baixa Higroscopia

A pintura da moldação não deverá, no entanto, prejudicar significativamente a precisão dimensional e o estado de acabamento superficial dos fundidos, pelo que, as condições em que é efetuada deverão ser controladas, por forma a ser possível manter sistematicamente uniformes as características da camada produzida. Para isso, a pintura deverá ser efetuada nas seguintes condições:

- Temperatura da moldação aproximadamente constante, entre 150 e 200 °C, no momento de aplicação, a fim de promover a rápida evaporação da água;
- Características do banho (composição, viscosidade, densidade) constantes;
- Aplicação uniforme do banho, se possível através de sistema automatizado de imersão;
- Limpeza ou substituição das tinas de grafitização de 2 em 2 meses (Valor Referência), para eliminar impurezas (areias, aglomerados de grafite), que se possam ter acumulado no banho.

Testes práticos realizados em fundição com, arrefecimento em banhos de grafite, apontam alguns valores referência de parâmetros do banho, para este ser considerado de boa qualidade (ver Tabela 23) (Castro, F.; Junqueira, J. 1996).

Tabela 23 – Características Referência de conformidade de Banho de Grafite.

Percentagem de Carbono na Grafite	%C > 75
Densidade do Banho	Entre 1,025 – 1,075 g/cm ³
Temperatura do Banho Grafite	Entre 20-60°C

- A %C é o principal fator que define a qualidade da grafite, conferindo à grafite melhores propriedades de isolamento térmico, melhor acabamento superficial das peças devido ao refinamento do carbono em relação aos elementos voláteis e cinzas. As cinzas e voláteis presentes na grafite tendem a formar pequenos aglomerados que tornam a superfície da peça mais irregular, surgindo mesmo situações de cavidades superficiais nas peças. É aconselhado a troca da grafite quando a %C seja inferior a 75%, sendo um dos indicadores a mudança de tonalidade de preto para cinzento da cobertura da grafite na coquilha;

- O valor de referência de densidade no banho deve estar compreendido na gama 1,025 – 1,075 g/cm³, aproximando-se do limite inferior no caso de coquilhas pequenas e do limite superior com coquilhas de maior tamanho. No caso de o sistema de produção variar frequentemente o tipo de coquilhas, deve-se encontrar um valor intermedio que se adapte às exigências da produção.
- A temperatura do banho quando é superior a 60°C, provoca uma diminuição do efeito da grafite, diminuindo a quantidade de grafite que adere à superfície da coquilha, havendo uma degradação do banho;

6.3.2.1 Análise Banho Grafite

Analisando as características da grafite adquirida pela DELABIE, verificou-se que esta apresenta um valor de %C≈63%, sendo a restante % composta por cinzas e voláteis (ver Tabela 24).

Tabela 24 – Caracterização Grafite utilizada nos banhos de grafite do Posto de Vazamento.

Produto	GRAFICOL 85
Formato	Pó
Fornecedor	FUNDIPOR
Composição	63 % Carbono (37% cinzas e voláteis)
Densidade	1,5 g/cm ³

Devido ao baixo teor em carbono da grafite, tendo em conta as diretrizes de qualidade para o banho, este apresenta uma baixa qualidade, que resultam em:

- Defeitos superficiais nas peças (Pequenas cavidades);
- Baixo isolamento térmico da superfície da coquilha (Diminuição temperatura da superfície);
- Aumento de sujidade e diminuição de tempo de vida dos banhos.

Realizando uma monitorização da temperatura dos banhos, foram registadas situações de temperatura mínima de 25 °C no caso de início de produção, atingindo temperaturas máximas de cerca de 45 °C em cadências de elevada produção, estando assim os valores térmicos dentro da conformidade.

Consultando os responsáveis da fundição, constatou-se que os banhos em utilização não eram substituídos à cerca de 6 meses. Sendo uma situação não desejável, procedeu-se à substituição dos banhos não interferindo no entanto nos procedimentos utilizados pelos operadores.

A fim de controlar a proporção de grafite na suspensão com água, utilizou-se um densímetro de vidro (ver Figura 65), com gama de leitura (1,000- 1,100 g/cm³), realizando-se uma monitorização dos banhos das 3 coquilhadoras.



Figura 65 – Representação de densímetro gama 1,000-1,100 g/cm³.

Numa primeira fase, não se interferiu nos procedimentos dos operadores, para assim perceber a realidade do posto e seus problemas, sendo retiradas amostras de todas as tinas. Os resultados desta monitorização são apresentados na Tabela 25.

Tabela 25 – Registo de valores de densidade dos banhos de grafite do PT Vazamento.

Maquina	Reservatório	Densidade [g/cm ³]
Coquilhadora 1	Tina 1	1,088
	Tina 2	1,085
Coquilhadora 2	Tina 1	1,055
	Tina 2	1,062
Coquilhadora 3	Tina 1	1,094
	Tina 2	1,092

Os resultados desta análise, mostram que, os banhos da coquilhadora 1 e 3 se encontram com uma densidade muito superior a 1,075 g/ cm³, devido à excessiva quantidade de grafite presente no banho. Os banhos da coquilhadora 2 apresentam um valor de densidade, dentro da gama conforme, no entanto, verificou-se uma incorreta pintura da coquilha, que pode denotar uma insuficiente quantidade de grafite para as dimensões da coquilha, não excluído o longo período de uso do banho e da baixa %C.

6.3.2.2 Implementação de Controlo dos Banhos de Grafite

A fim de se evitar situações em que a adição de ou não de grafite aos banhos ficasse ao critério de cada operador, criou-se uma tabela que relaciona-se o valor de densidade registada no banho com, a quantidade de grafite a adicionar. Com estas condições decidiu-se fixar o valor de densidade pretendido para todos os banhos de **1,070 g/cm³**.

O cálculo efetuado teve como base, a seguinte expressão,

$$\rho_{Final} = \rho_{H_2O} \times \frac{V_{H_2O}}{V_{TOTAL}} + \rho_{Grafite} \times \frac{V_{Grafite}}{V_{TOTAL}} \quad \text{Equação 11}$$

ρ_{Final} → Densidade do banho final pretendida (1,070 g/cm³);

ρ_{H_2O} → Densidade da água do banho (1,000 g/cm³);

$\rho_{Grafite}$ → Densidade da grafite do banho (1,8 g/cm³);

V_{TOTAL} → Volume total do depósito (300 dm³);

V_{H_2O} → Volume de água do banho;

$V_{Grafite}$ → Volume de grafite do banho;

Num processo iterativo, de alteração de densidade do banho de 0,005 g/cm³, preencheu-se uma tabela de relação, sendo um exemplo de cálculo o seguinte.

$$1,070 = 1,065 \times \frac{300000}{V_{TOTAL}} + 1,8 \times \frac{V_{Graf.adic}}{V_{TOTAL}}$$

$$V_{TOTAL} = 300000 + V_{Graf.adic} \Leftrightarrow V_{Graf.adic} = V_{TOTAL} - 300000$$

Substituindo e desenvolvendo a expressão, chega-se ao resultado,

$$V_{Graf.adic} = 2054 \text{ cm}^3$$

Que recorrendo à expressão da densidade,

$$\rho = \frac{m}{V} \Leftrightarrow m_{Graf.adic} = 3697 \text{ g}$$

Seguindo este processo para outros valores, foi então construída a tabela de adição de grafite (ver Tabela 26).

Tabela 26 – Tabela de relação de Densidade registada e quantidade de grafite adicionada ao banho.

Tabela de Adição de Grafite (kg)							
Densidade Registada [g/cm ³]	Densidade do Banho de Grafite Pretendida g/cm ³						
	1,040	1,050	1,060	1,070	1,080	1,090	1,100
1,035	3	9	15	21	27	33	39
1,040	0	6	12	18	24	30	36
1,045		3	9	15	21	27	33
1,050		0	6	12	18	24	30
1,055			3	9	15	21	27
1,060			0	6	12	18	24
1,065				3	9	15	21
1,070				0	6	12	18
1,075					3	9	15
1,080					0	6	12
1,085						3	9
1,090						0	6
1,095							3
1,100							0

Deste modo o processo de controlo torna-se intuitivo, sendo o procedimento o seguinte:

- Analisar densidade do banho grafitização de cada Tina;
- Associar o valor de densidade com o valor de adição de grafite, para se obter a densidade pretendida (1,070 g/ cm³).

Assim, desenvolveu-se uma monitorização com o objetivo de colocar os banhos de grafite em conformidade.

O resumo desta monitorização é apresentado, nos gráficos seguintes, correspondendo cada um, a uma máquina, sendo as tabelas e folhas de cálculo apresentadas na sua totalidade em Anexo IX.

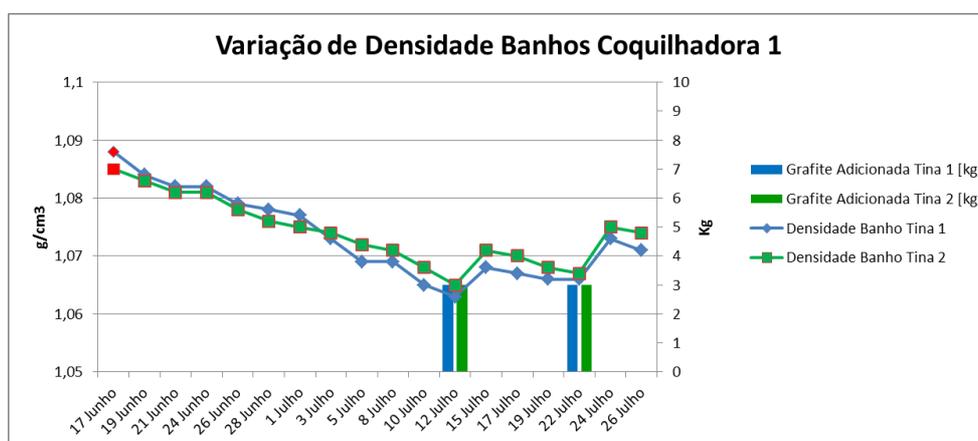


Gráfico 3 – Monitorização de densidade de grafite das Tina 1 e 2 da Coquilhadora 1.

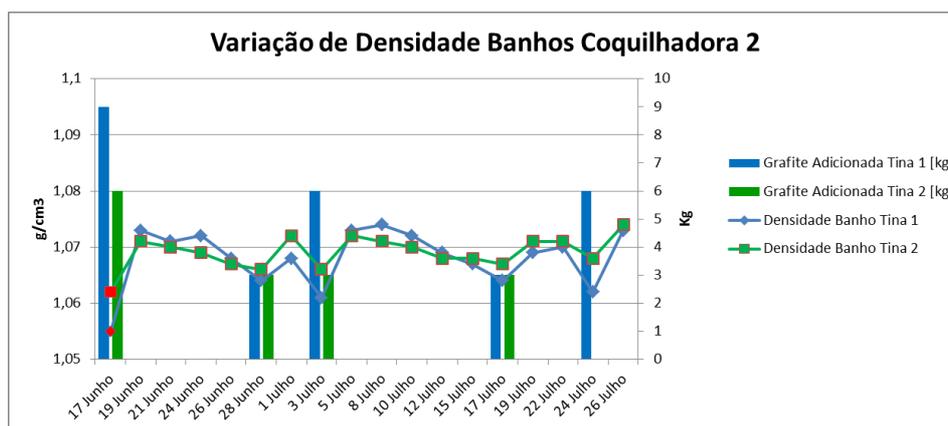


Gráfico 4 – Monitorização de densidade de grafite das Tina 1 e 2 da Coquilhadora 2.

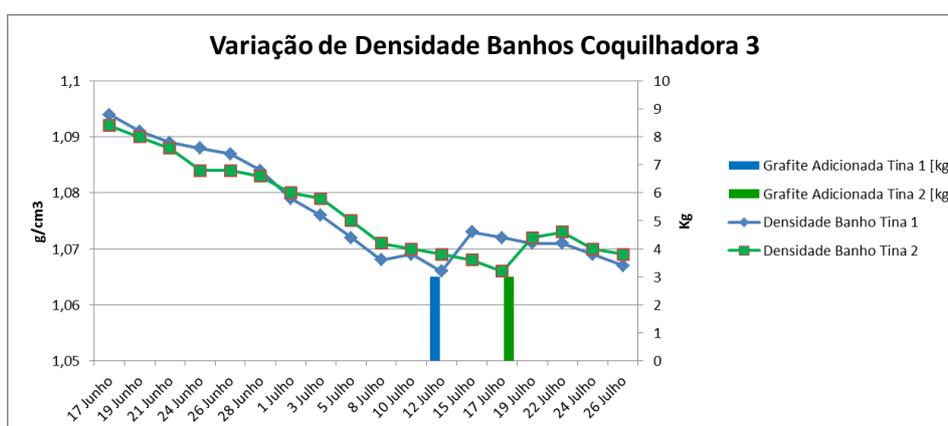


Gráfico 5 – Monitorização de densidade de grafite das Tinas 1 e 2 da Coquilhadora 3.

Resultados Banhos Coquilhadora 1 e 3

Os banhos da Coquilhadora 1 e 3 apresentam, inicialmente valores excessivos de densidade, havendo instruções para repor os níveis do banho acrescentando apenas água. Como esperado, os valores de densidade foram diminuindo progressivamente, mas não uniformemente, devido às diferentes taxas de produção que faziam acrescentar diferentes quantidades de água.

Quando a densidade dos banhos, atingiram valores aproximadamente de $1,065 \text{ g/cm}^3$, procedeu-se então à adição de grafite, de acordo com a tabela (3 kg), em cada tina. A partir deste ponto, o banho foi monitorizado e mantido na gama pretendida.

Resultados Banhos Coquilhadora 2

Os banhos da Coquilhadora 2, apresentam inicialmente valores inferiores de densidade, procedendo-se à adição de grafite de acordo com o valor de densidade medido e a tabela de adição de grafite. Deste modo, a estabilização foi conseguida mais rapidamente.

Nos 3 casos, verifica-se que após entrada na gama de controlo, verifica-se uma mudança de perfil, havendo uma estabilização da densidade dos banhos em torno de $1,070 \text{ g/cm}^3$.

6.3.3 Controlo Parâmetros Vazamento

No âmbito da normalização do processo de fundição, iniciou-se um conjunto de atividades de registo, dos parâmetros específicos de vazamento para cada referência, sendo esta informação posteriormente disponibilizada no respetivo “Modo Operatório Específico”.

6.3.3.1 Programação de Coquilhadora

Os parâmetros específicos de cada peça introduzidos no painel de controlo da coquilhadora, passaram a ser registados, a saber:

- Tipo de Vazamento (Frontal, Lateral; rotação e arrefecimento dentro ou fora do banho);
- Tipo de Banho (Face superior; face lateral);
- Tempo de Banho Metade esquerda e direita da coquilha;
- Tempo Coquilha Fechada após vazamento (Tempo de solidificação).



Figura 66 – Representação Painel de Controlo de Máquina Coquilhadora.

Com a aquisição de um inclinómetro, foi possível, passar a registar a inclinação inicial de vazamento da coquilha, sendo distinguida a inclinação para, o tipo de rotação frontal ou lateral (ver Figura 67).



Figura 67 – Representação de Monitorização de inclinação de coquilha para vazamento.

O registo da inclinação otimizada torna, o processo de montagem e validação das peças mais rápido, evitando erros e ajustes da inclinação. Outra melhoria verificada, foi a estabilização na qualidade na “pele” das peças, onde por norma:

- Maior Inclinação → Maior turbulência do vazamento; Pior resultado Superficial; Enchimento mais Rápido;
- Menor Inclinação → Menor turbulência do vazamento; Melhor resultado Superficial; Enchimento mais Lento;

O vazamento deve iniciar-se na posição mais horizontal possível, rodando-se a sua posição de forma gradual e regular, de acordo com a perícia do vazador.

6.3.3.2 Controlo de Temperatura da coquilha

Um dos parâmetros mais importantes neste tipo de tecnologia é a temperatura de superfície da coquilha, sendo estabelecida uma temperatura de início de $T=150\pm 20$ °C.

Deste modo, foram introduzidas no Modo Operatório do Posto de vazamento a seguinte sequência de atividades:

- 1. Aquecimento coquilha;
- 2. Verificação de temperatura da superfície (Múltiplos pontos de monitorização);
- 3. Iniciar quando esta atingir temperatura na gama conforme.



Figura 68 – Representação de controlo térmico da coquilha para validação de iniciação de produção.

6.3.3.3 Limpeza de Coquilha em Produção

Fazendo-se uma análise independente para cada referência, foi estabelecido um procedimento de limpeza que especifica os seguintes parâmetros:

- Intervalo de Limpeza;
- Diferenciação de zonas de limpeza por tipo e frequência diferenciada;
- Indicação de tipo de utensílios utilizados na limpeza de cada zona.

Na Figura 69 é apresentada, uma imagem exemplificativa da diferenciação de zonas de limpeza de uma referência.

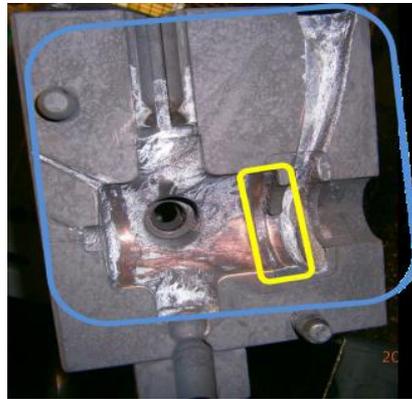


Figura 69 – Representação de diferenciação de zonas de limpeza da coquilha.

6.3.3.4 Programação de Desenvolvimento de Testes de Projeto de Coquilha

Uma das atividades muito presente na empresa é, o desenvolvimento de testes físicos de apoio ao projeto de coquilha, sendo executados no PT Vazamento. Estando a empresa numa fase de adaptação de ferramentas usadas e novas, aos seus parâmetros de produção, procedeu-se a uma normalização das atividades de teste, bem como a criação de um quadro de prioridades e de execução dos testes, para que estes perturbassem o mínimo possível a produtividade da empresa.

Assim foram desenvolvidas as seguintes atividades:

- Desenvolvimento de ficha “Teste de Vazamento”;
- Quadro de prioridades (Ref; Estado Caixa Machos; Estado Coquilha; Numero machos Disponíveis; Observações)

7 Projeto de Coquilha

Neste capítulo é abordado o estudo desenvolvido do projeto de coquilha, com aplicação prática em algumas das referências produzidas na DELABIE, tendo como principais objetivos, desenvolver um trabalho de normalização e otimização da fase de projeto, promovendo uma convergência desta fase com a fase de fabrico do produto. Estas modificações incidiram sobre, a coquilha e parâmetros do vazamento, de forma a, adequar o processo aos requisitos exigidos para cada referência.

7.1 Gestão da Metodologia do Projeto

O planeamento das atividades no desenvolvimento de um projeto permite, dotar a equipa de projeto de uma maior capacidade de resposta aos problemas e obstáculos, verificados durante o desenvolvimento do trabalho. Assim procedeu-se à elaboração de uma análise ao nível do projeto de coquilha e de estudo dos parâmetros e variáveis que influenciam a sua fase de produção.

Este trabalho teve como estrutura de desenvolvimento a metodologia apresentada na Figura 70.

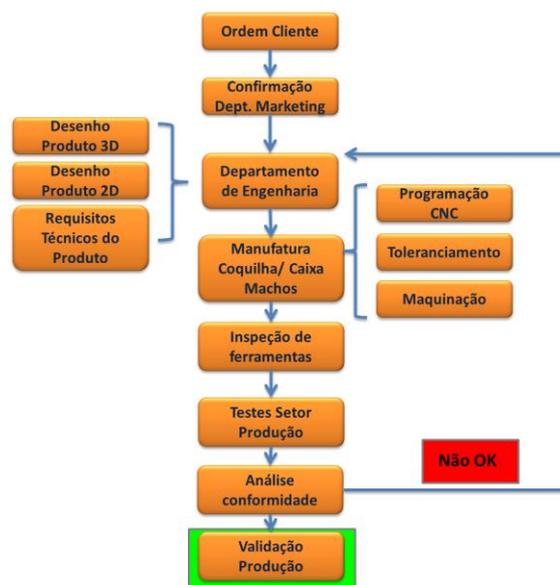


Figura 70 – Esquematização de Estrutura de desenvolvimento do Projeto de Coquilha.

As características geométricas e dimensionais mais relevantes são, apresentadas na Tabela 27.

Tabela 27 – Características principais da referência RP740B

Características RP740B	
Material Coquilha	96,58%Cu; 2,5%Ni; 0,5%Be; 0,5%outros
Numero peças por vazamento	1
Peso peça com gito	1199 g
Peso peça sem gito	805 g
Tipo de Vazamento	Vazamento frontal com solidificação fora do banho
Espessura crítica da peça	2.5 mm
Comprimento máximo da peça	195mm
Largura / Diâmetro	45 mm
Macho utilizado	Macho Branco (Areia de Sílica)

Esta referência não apresenta nenhum histórico de produção, ou, testes de vazamento realizados na empresa, sendo de enorme importância obter informação de testes práticos, que auxiliem na avaliação do estado atual dos parâmetros da coquilha, identificação de problemas e de possíveis modificações a executar neste projeto.

7.3.1 Teste vazamento 1

Esta fase inicial do projeto consistiu em fazer testes de vazamento, de acordo com os parâmetros definidos para o setor de vazamento, onde se destaca a temperatura utilizada (985 °C).

Mantendo o maior comprimento da peça numa disposição horizontal, foi realizado um processo iterativo de variação dos parâmetros, em que, o teste que apresentou melhores resultados se efetuou segundo os parâmetros de vazamento apresentados na Tabela 28.

Tabela 28 – Parâmetros de vazamento realizado no teste 1.

Parâmetros de teste de vazamento Referência RP740	
Temperatura Forno:	985 °C
Tipo Vazamento	FRONTAL com rotação fora do Banho
Inclinação	30°
Disposição Eixo Principal	Horizontal
Tempo banho Esq/ Dir	0,8/0,9 s
Tempo Solidificação (Coquilha fechada)	3s
Tipo de Banho	Face topo do gito

A peça resultante deste teste é apresentada na Figura 72.

Durante o desenvolvimento dos testes de vazamento, realizou-se uma monitorização térmica da coquilha, através da análise de pontos pré-definidos, antes e após o arrefecimento no banho de grafite. Os resultados desta monitorização são apresentados na Figura 73.



Figura 72 – imagens da peça com problemas de enchimento.



Figura 73 – Análise térmica da coquilha RP740B, resultantes do teste 1.

Da análise à peça obtida, foi identificado o seguinte problema:

- Enchimento Incompleto da peça (cerca de 75% peça preenchida);

Da análise térmica realizada verifica-se que a coquilha apresenta valores de temperatura reduzidos, que se deviam encontrar na gama dos (150-180 °C) após vazamento e (110- 150°C) após mergulho das coquilhas no banho de grafite.

Após verificação dos problemas, foi realizada uma análise causa-efeito com o objetivo de propor soluções para a sua resolução (ver Figura 74).



Figura 74 – Esquema de análise causa-efeito resultante do teste1.

Após a proposta de soluções, estas foram filtradas de acordo com os dados obtidos no teste de vazamento sendo realizada a seguinte análise:

Análise de causas de problemas registados no teste 1	
Temperatura de coquilha Baixa	✓ Verificado
Vazamento muito lento (Baixo Caudal)	✗ Não verificado, dentro do registo de vazamento manual da empresa.
Sistema de enchimento mal concebido ou mal dimensionado	✓ Possível incorreto dimensionamento/ localização do gito para parâmetros definidos na empresa.
Extração de gases insuficiente ou obstruída	✗ Não verificado, dentro do registo de dimensionamento de canais de extração de gases.
Peça de espessura muito fina	✓ Possível, no entanto medidas de acordo com desenho técnico fundição (Não pode ser alterado).
Temperatura de Vazamento Baixa	✓ Possível, no entanto de acordo com parâmetro definido pela empresa (Não pode ser alterado)
Composição Química do banho Inadequada	✓ Possível, apesar de análise química dentro da gama de controlo definida pela empresa.
Grafitização Inadequada	✗ Não verificado, banho de grafite de composição definida pela empresa.
Parâmetros Manuais de Vazamento (Posicionamento, Inclinação, velocidade de rotação da Coquilha)	✓ Possibilidade de teste segundo outro tipo de vazamento.

7.3.1.1 Conclusões de teste 1

Após realização do teste e análise de resultados, concluiu-se que esta peça seria vazada a temperaturas superiores às indicadas pela DELABIE, sendo o seu processo e características de vazamento não compatíveis para o vazamento a 985 °C.

Assim foram tomadas as seguintes decisões:

- Estudar novo sistema de enchimento (localização e dimensionamento);
- Bloquear sistema de enchimento atual.

7.3.2 Teste vazamento 2

Nesta fase foram desenvolvidos testes que permitissem apoiar uma alteração da localização do sistema de enchimento, adaptando os valores dos parâmetros de vazamento.

O gito proposto consiste num ataque da zona indicada na Figura 75 sendo realizada uma

simulação deste enchimento através do vazamento pelo canhão, com o maior comprimento da peça mantido numa disposição vertical.

Os melhores resultados foram realizados segundo os parâmetros de vazamento apresentados na Tabela 29.

Tabela 29 – Parâmetros de vazamento realizado no teste 2.

Parâmetros de teste de vazamento Referência RP740	
Temperatura Forno:	985 °C
Tipo Vazamento	FRONTAL com rotação fora do Banho
Inclinação	40°
Disposição Eixo Principal	Vertical
Tempo banho Esq/ Dir	0,8/0,9 s
Tempo Solidificação (Coquilha fechada)	3s
Tipo de Banho	Face topo do gito

A monitorização térmica da coquilha, realizada nos mesmos pontos de controlo, indicou um aumento da temperatura da coquilha, promovendo assim um arrefecimento mais lento do latão. Os resultados desta monitorização são apresentados na Figura 76.



Figura 75 – Representação de resultados da alteração do posicionamento de giteagem.



Figura 76 – Análise térmica da coquilha RP740B, resultantes do teste 2.

Desta alteração, foram registadas as seguintes evoluções relativamente ao teste 1:

- Melhoria do enchimento da Peça;
- Aumento da temperatura da coquilha;

Na Figura 77 apresentada um exemplar obtido neste teste.



Figura 77 – Peça obtida no teste 2.

Apesar das melhorias verificadas, a peça apresenta problemas que devem ser considerados na próxima fase de testes:

- Enchimento incompleto da peça;
- Metal mal Ligado (Fronteiras de Solidificação);
- Porosidades;

7.3.2.1 Conclusões de teste 2

Após realização do teste e análise de resultados, conclui-se que a alteração da localização do sistema de enchimento permitiu aumentar o preenchimento da cavidade, aumentando as temperaturas da coquilha de uma forma geral.

Devido ao vazamento ser realizado pelo interior do macho canhão, verifica-se uma maior turbulência no vazamento que se reflete na superfície de entrada da peça.

Apesar do aumento da temperatura da coquilha, esta ainda verifica zonas com temperatura reduzida, sendo necessário efetuar modificações na coquilha de forma a adaptar esta à nova localização do sistema de enchimento.

Assim foram tomadas as seguintes decisões:

- Dimensionar canal de enchimento, segundo critérios de fundição (Perfil, localização, ângulo de ataque, entre outros);
- Adaptar espessuras de parede da coquilha, à localização do novo sistema de enchimento (Promover a uniformização térmica da coquilha)

7.3.3 Teste vazamento 3

O dimensionamento do sistema de enchimento foi realizado segundo um conjunto de restrições:

- Enchimento na parte superior da peça, promovendo a pressurização gravítica;
- Perfil que promova um vazamento com baixo nível de turbulência;
- Promover o efeito de filtragem do canal, reduzindo a absorção de gases e limitando a entrada de escória
- Ataques que minorizem o desgaste da ferramenta por erosão.

Deste modo foi seguido, um perfil escolhido para o gito, que tem como principais características, uma superior secção na parte superior, atingindo os valores mínimos na secção de ataque à peça. De referir que as relações, foram seleccionadas de forma empírica, baseado em perfis já utilizados pela DELABIE, com resultados satisfatórios.

Na Figura 78 é apresentado o desenho 3D do sistema de enchimento projetado, e a sua localização.

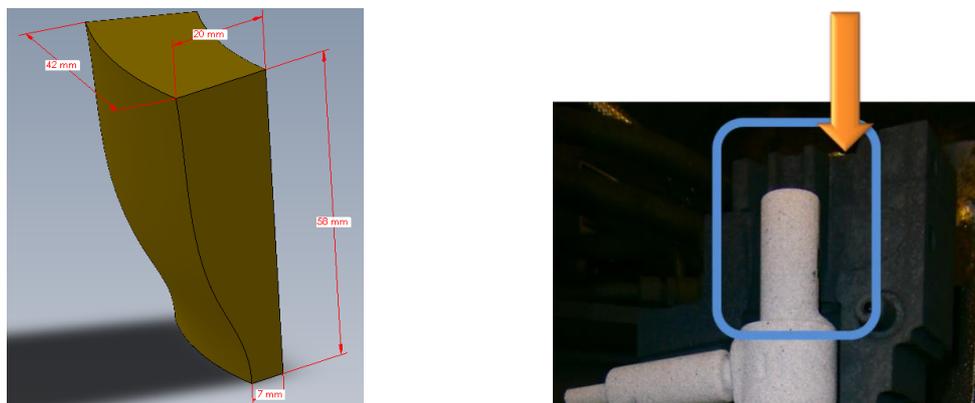


Figura 78 – Representação 3D e localização do sistema de enchimento dimensionado para a referência RP740B.

Este novo gito apresenta um volume de 14,95 cm³, correspondendo a uma massa aproximada de 129g.

O ataque à peça é realizado de forma “direta”, ao nível da superfície da peça, tentando diminuir a turbulência do mesmo. A sua localização mantém o tipo de vazamento frontal. O desenho técnico do Sistema de Enchimento projetado é apresentado em Anexo XV.

Após a modificação do gito, foi desenvolvido um trabalho de adaptação da espessura das paredes da coquilha, com o objetivo de uniformizar e aumentar a temperatura geral da coquilha.

Este dimensionamento foi desenvolvido de forma empírica, tendo os seguintes princípios:

- Superior Espessura de parede na Zona Enchimento (Zona de maior temperatura);
- Espessura de parede uniforme seguindo o perfil da peça (Limite mínimo de 10 mm);

Na Figura 79, é apresentada o novo perfil da coquilha, com a indicação das modificações realizadas.



Figura 79 – Modificação da espessura de parede da coquilha.

O desenho técnico da nova coquilha após alteração é apresentado em ANEXO XV.

Após modificação da coquilha, foi então realizado um teste mantendo os parâmetros de vazamento, através do novo sistema de enchimento (ver Figura 80), sendo efetuada uma monitorização térmica nos pontos pré-definido (ver Figura 81).



Figura 80 – Representação de peça e coquilha resultante do teste vazamento 3.



Figura 81 – Análise térmica da coquilha RP740B, resultantes do teste 3.

Desta alteração, foram registadas as seguintes evoluções relativamente ao teste 2:

- Enchimento completo da Peça;
- Aumento da temperatura da coquilha;
- Vazamento menos turbulento;

Após validação das peças a nível dimensional, foi desenvolvido uma análise a nível qualitativo das peças obtidas.

Analisando a superfície da peça, foram registados problemas de fissuração em zonas específicas da peça (ver Figura 82).



Figura 82 – Fissuras das peças obtidas no teste 3, com registadas na zona 1 e 2 da peça.

Tendo como principais problemas o registo de fissuras, foi realizada uma análise causa-efeito deste tipo de problemas com o objetivo de propor soluções (ver Figura 83).

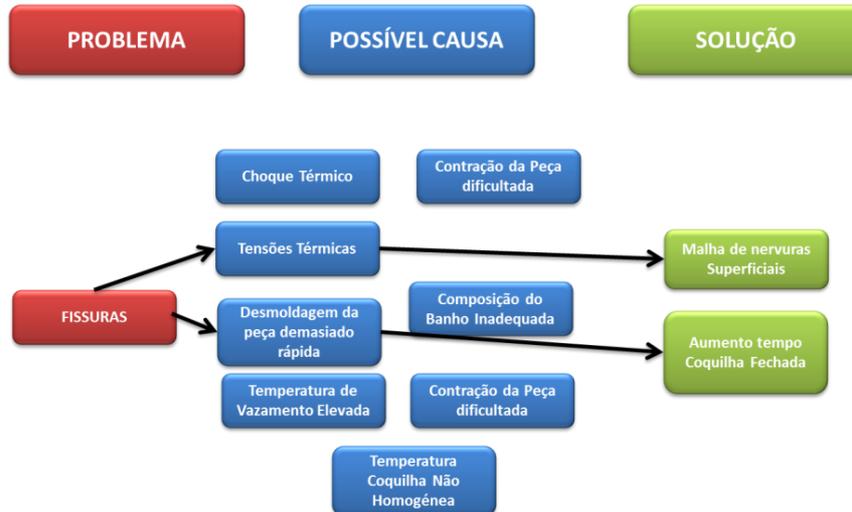


Figura 83 – Esquema de análise causa-efeito resultante do teste 3.

Após a proposta de soluções, estas foram filtradas de acordo com os dados obtidos no teste de vazamento sendo realizada a seguinte análise:

Análise de causas de problemas registados no teste 3	
Choque Térmico	✗ Não verificado, temperatura coquilha
Tensões Térmica	✓ Possibilidade de fissuração por ocorrência deste fenómeno.
Temperatura de Vazamento elevada	✗ Não verificado, dentro do registo de temperaturas definido na empresa.
Desmoldagem da peça demasiado rápida	✗ Não verificado, dentro do registo de tempos definido na empresa.
Temperatura de coquilha não homogénea	✓ Não verificado, variação térmica de acordo com tipo de vazamento.
Composição do banho Inadequada	✗ Possível, apesar de análise química dentro da gama de controlo definida pela empresa.
Contração da peça dificultada	✗ Não verificado, machos produzidos dentro das gamas definidas pela empresa.

7.3.3.1 Conclusões de teste 3

Após realização do teste e análise de resultados, concluiu-se que esta peça apresentou uma evolução relativamente ao teste anterior, sendo as suas dimensões validadas. No entanto foi registado um problema na superfície de zonas assinaladas na peça, que deve ser corrigido.

Assim foram tomadas as seguintes decisões:

- Executar na coquilha uma malha de nervuras nas zonas assinaladas

De realçar que esta escolha foi tomada de acordo com, os procedimentos que a empresa executa sempre que ocorre este fenómeno de fissuração, obtendo no passado bons resultados. No entanto, a DELABIE desconhece a justificação para que este problema seja resolvido com a aplicação desta malha.

7.3.4 Teste vazamento 4

Esta fase do projeto consistiu na realização de uma malha de nervuras em zonas assinaladas com problemas de fissuração superficial, mantendo os parâmetros de vazamento definidos no último teste.

A realização desta malha foi executada de forma empírica, tendo como critério realizar uma malha uniforme.

Na Figura 84 e Figura 85, são apresentadas as modificações realizadas na coquilha e, os resultados obtidos na peça respetivamente.



Figura 84 – Representação de malha de nervuras realizada na superfície da coquilha.



Figura 85 – Representação de malha de nervuras resultante na peça.

Analisando novamente a superfície das zonas assinaladas, verificou-se uma eliminação do problema, não sendo registada nenhuma fissura (ver Figura 86).

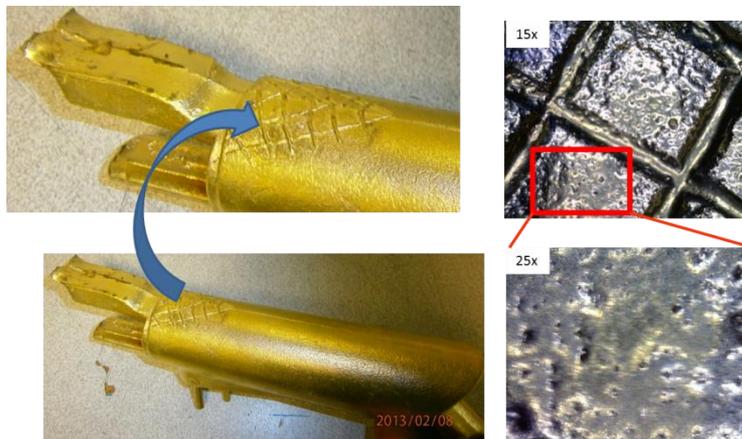


Figura 86 – Análise da superfície de zona assinalada após, criação de nervuras.

7.3.4.1 Conclusões de teste 4

Após realização do teste e análise de resultados, concluiu-se que esta peça apresentou uma evolução relativamente ao teste anterior, sendo os seus problemas solucionados.

Com a validação das peças, a nível dimensional e qualitativo, esta referência foi considerada conforme para produção, sendo definidos os parâmetros de vazamento e de controlo qualitativo específicos.

Não possuindo uma explicação do fenómeno, seria importante desenvolver um estudo futuro, que permitisse conhecer as implicações deste tipo de malha

7.4 Caso de estudo (MB700B)

O caso de estudo da referência MB700B representa uma peça produzida por subcontratação, sendo a sua coquilha transferida para as instalações da DELABIE. Ver Figura 87.

Esta torneira, apresenta uma espessura constante, apresentando duas paredes internas da mesma espessura, tendo o canal de enchimento localizado na “bica”. Um exemplar desta referência produzida por subcontratação é apresentado na Figura 88. O desenho técnico desta peça pode ser analisado em maior detalhe em Anexo XV.



Figura 87 – Representação de coquilha e peça Referência MB700B



Figura 88 – Representação peça obtida por subcontratação Referência RP740B

As características geométricas e dimensionais mais relevantes são apresentadas na Tabela 30.

Tabela 30 – Características principais da referência MB700B

Características RP740B	
Material Coquilha	96,58%Cu; 2,5%Ni; 0,5%Be; 0,5%outrosb
Numero peças por vazamento	1
Peso peça com gito	1770 g
Peso peça sem gito	878 g
Tipo de Vazamento	Vazamento frontal com solidificação fora do banho
Espessura crítica da peça	3 mm
Comprimento máximo da peça	170 mm
Largura / Diâmetro	47 mm
Macho utilizado	Macho Branco (Areia Sílica); Macho Amarelo (Macho Shell)

Esta referência não apresenta nenhum histórico de produção ou testes de vazamento na empresa, sendo de enorme importância obter informação de testes práticos, que auxiliem na avaliação do estado atual dos parâmetros da coquilha, identificação de problemas e de possíveis modificações a executar neste projeto.

7.4.1 Teste vazamento 1

O primeiro teste realizado na DELABIE, tentou reproduzir as condições de vazamento utilizadas na empresa externa, de acordo com os parâmetros definidos pela DELABIE.

O melhor resultado foi obtido segundo os parâmetros de vazamento apresentados na Tabela 28.

Tabela 31 – Parâmetros de vazamento realizado no teste 1.

Parâmetros de teste de vazamento Referência RP740	
Temperatura Forno:	985 °C
Tipo Vazamento	FRONTAL com rotação fora do Banho
Inclinação da Coquilha	40°
Disposição Eixo Principal	Horizontal
Tempo banho Esq/ Dir	0,9/1,0 s
Tempo Solidificação (Coquilha fechada)	4s
Tipo de Banho	Face topo do gito

Sendo este teste realizado antes de se iniciar este trabalho, não existem registos fotográficos ou monitorização térmica do mesmo, sendo no entanto apresentada uma representação da peça obtida de acordo com as indicações da DELABIE (ver Figura 89).

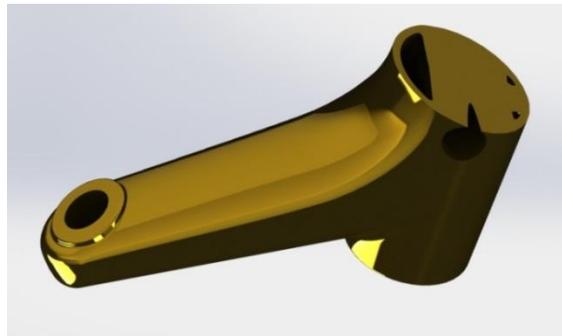


Figura 89 – Representação de resultado obtido no teste 1, com problemas de enchimento.

As observações deste teste facultadas pelos responsáveis da DELABIE, dão conta dos seguintes problemas:

- Enchimento Incompleto da peça (cerca 70% peça preenchida);
- Zonas da coquilha com temperaturas relativamente baixas (<120 °C);

Após verificação dos problemas, foi realizada uma análise causa-efeito com o objetivo de propor soluções para a sua resolução (ver Figura 90).



Figura 90 – Esquema de análise causa-efeito resultante do teste1.

Após a proposta de soluções, estas foram filtradas de acordo com os dados obtidos no teste de vazamento sendo realizada a seguinte análise:

Análise de causas de problemas registados no teste 1	
Temperatura de coquilha Baixa	✓ Verificado
Vazamento muito lento (Baixo Caudal)	✗ Não verificado, dentro do registo de vazamento manual da empresa.
Sistema de enchimento mal concebido ou mal dimensionado	✓ Possível incorreto dimensionamento/ localização do gito para parâmetros definidos na empresa.
Extração de gases insuficiente ou obstruída	✗ Não verificado, dentro do registo de dimensionamento de canais de extração de gases.
Peça de espessura muito fina	✓ Possível, no entanto medidas de acordo com desenho técnico fundição (Não pode ser alterado).
Temperatura de Vazamento Baixa	✓ Possível, no entanto de acordo com parâmetro definido pela empresa (Não pode ser alterado)
Composição Química do banho Inadequada	✓ Possível, apesar de análise química dentro da gama de controlo definida pela empresa.
Grafitização Inadequada	✗ Não verificado, banho de grafite de composição definida pela empresa.
Parâmetros Manuais de Vazamento (Posicionamento, Inclinação, velocidade de rotação da Coquilha)	✓ Possibilidade de teste segundo outro tipo de vazamento.

7.4.1.1 Conclusões de teste 1

Após realização do teste e análise de resultados, concluiu-se que esta peça seria vazada a temperaturas superiores às indicadas pela DELABIE (985 °C), sendo o seu processo e características de vazamento não compatíveis.

Assim, foram tomadas as seguintes decisões:

- Estudar novo sistema de enchimento (localização e dimensionamento);
- Bloquear sistema de enchimento atual.

7.4.2 Teste vazamento 2

Nesta fase foram desenvolvidos testes que permitissem apoiar uma alteração da localização do sistema de enchimento.

O sistema de enchimento proposto deverá ser localizado na zona do “canhão” da peça, efetuando-se neste caso um vazamento lateral. Para isto foi rebarbado o macho de modo a simular um gito, bloqueando o antigo sistema de enchimento com o respetivo gito de um vazamento anterior (ver Figura 91).



Figura 91 – Representação de simulação de novo sistema de enchimento (Vazamento Lateral).

Os melhores resultados foram realizados segundo os parâmetros de vazamento apresentados na Tabela 29

Tabela 32 – Parâmetros de vazamento realizado no teste 2.

Parâmetros de teste de vazamento Referência MB700B	
Temperatura Forno:	985 °C
Tipo Vazamento	LATERAL com rotação fora do Banho
Inclinação	65°
Disposição Eixo Principal	Horizontal
Tempo banho Esq/ Dir	1,2/1,0 s
Tempo Solidificação (Coquilha fechada)	7 s
Tipo de Banho	Face topo do gito

A peça obtida neste teste é, apresentada na Figura 92.

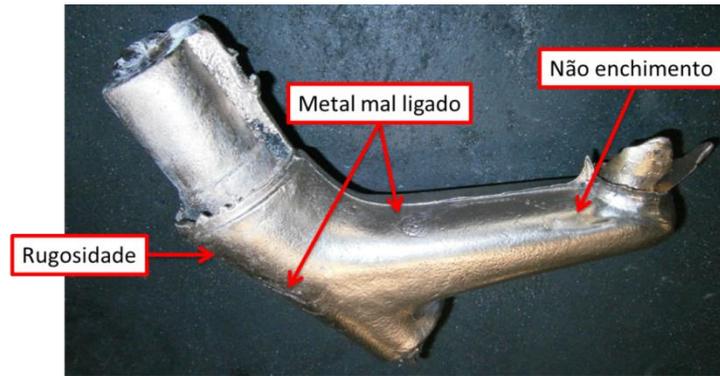


Figura 92 – Peça obtida no teste 2.

Desta alteração, foram registadas as seguintes evoluções relativamente ao teste 1:

- Melhoramento do enchimento da Peça;

No entanto apesar das melhorias verificadas, a peça apresenta problemas que devem ser considerados na próxima fase de testes:

- Enchimento Incompleto da peça;
- Metal mal Ligado (Fronteiras de Solidificação);
- Rugosidade (Vazamento turbulento efetuado pelo canhão do macho; desagregação do macho, etc.);
- Inexistência de Canais de extração de gases.

7.4.2.1 Conclusões de teste 2

Após realização do teste e análise de resultados, conclui-se que a alteração da localização do sistema de enchimento permitiu aumentar o preenchimento da peça.

Devido ao vazamento ser realizado por um canal que foi rebarbado no interior do macho canhão, é normal verificar-se uma maior turbulência no vazamento que se reflete na superfície de entrada da peça.

Assim foram tomadas as seguintes decisões:

- Dimensionar canal de enchimento localizado na zona de teste, segundo critérios de fundição (Perfil, angulo de ataque, entre outros);
- Adaptar espessuras de parede da coquilha, à localização do novo sistema de enchimento (Promover a uniformização térmica da coquilha);
- Colocar canais de extração de gases na zona da bica (última zona a ser alimentada).

7.4.3 Teste vazamento 3

O dimensionamento do novo sistema de enchimento foi realizado segundo um conjunto de restrições:

- Enchimento na parte superior da peça, promovendo a pressurização gravítica;
- Perfil que promova um vazamento com baixo nível de turbulência;
- Promover o efeito de filtragem do canal, reduzindo a absorção de gases, e limitando a entrada de escoria
- Ataques que minorizem o desgaste da ferramenta por erosão.

Tendo como experiência os resultados obtidos no vazamento desta peça num outro sistema de enchimento, decidiu-se aplicar um sistema semelhante nesta coquilha (ver Figura 93).



Figura 93 – Representação de sistema de enchimento de empresa subcontratada (China).

Na Figura 94 é apresentado o desenho 3D do sistema de enchimento projetado, e a sua localização, apresentando um volume de 39cm^3 , com uma massa de 337g.

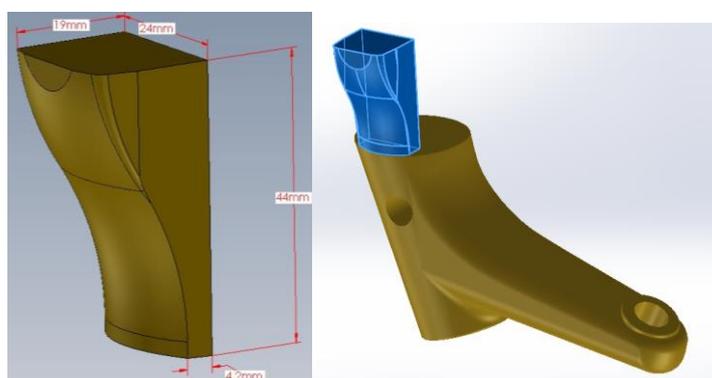


Figura 94 – Representação de perfil e geometria do gito projetado.

O ataque à peça é realizado de forma “direta”, ao nível da superfície da peça, tentando diminuir a turbulência do mesmo. A sua localização, altera o tipo de vazamento para vazamento lateral. O desenho técnico do Sistema de Enchimento projetado é apresentado em Anexo XV.

Após a modificação do gito, foi desenvolvido um trabalho de adaptação da espessura das paredes da coquilha, com o objetivo de uniformizar e aumentar a temperatura geral da coquilha.

Este dimensionamento foi desenvolvido de forma empírica, tendo os seguintes princípios:

- Superior Espessura de parede na Zona Enchimento (Zona de maior temperatura);
- Espessura de parede uniforme seguindo o perfil da peça (Limite mínimo de 10 mm);

Na Figura 95, é apresentada o novo perfil da coquilha, com a indicação das modificações realizadas.

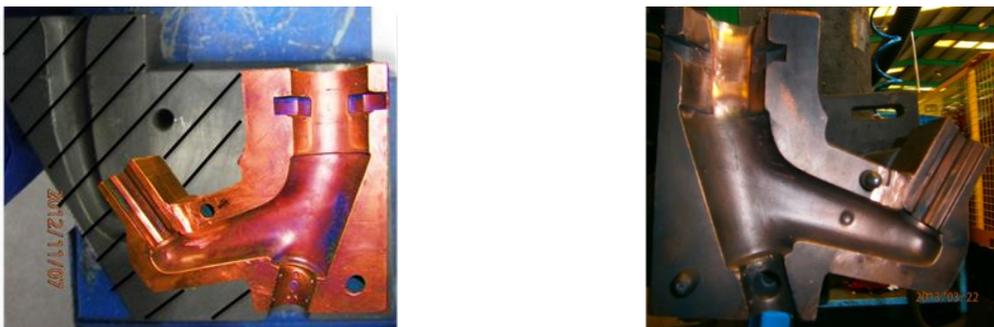


Figura 95 – Representação de Modificações efetuadas (Sistema de Enchimento e espessura parede).

O desenho técnico da coquilha após alteração é apresentado em Anexo XV.

Devido à modificação da zona de ataque da peça, projetaram-se na última zona de preenchimento da coquilha, 4 canais de extração de gases, com o objetivo de melhorar o fluxo e impedir o bloqueamento de bolsas de ar.

Após modificação da coquilha, foram realizados novos testes de vazamento, segundo os parâmetros de vazamento do teste 2 (ver Figura 96).

Os resultados da monitorização térmica da coquilha, através da análise de pontos pré-definidos, antes e após o arrefecimento no banho de grafite são apresentados na Figura 97. Uma das características do vazamento lateral, regista-se na diferença de temperaturas entre as duas metades da coquilha, estando a metade do gito em contacto primário com o metal, atingindo temperaturas superiores às da outra metade.



Figura 96 – Representação de peça após abertura de coquilha (Teste 2).



Figura 97 – Análise térmica da coquilha MB700B, resultantes do teste 2.

Foram registadas as seguintes evoluções relativamente ao teste 2:

- Enchimento completo da Peça;
- Diminuição de rugosidade;
- Eliminação das fronteiras de solidificação;
- Aumento da temperatura da coquilha.

Após validação das peças a nível dimensional, foi desenvolvido uma análise a nível qualitativo das peças obtidas.

Sendo do procedimento da empresa enviar amostras para realizar operações a jusante da fundição (polimento e maquinagem), obtiveram-se os seguintes resultados para uma amostra de 30 peças enviadas:

- 20 Peças conformes;
- 10 Peças com poros Interiores localizados na zona de extração de gases da bica, metade fria da coquilha (ver Figura 98).

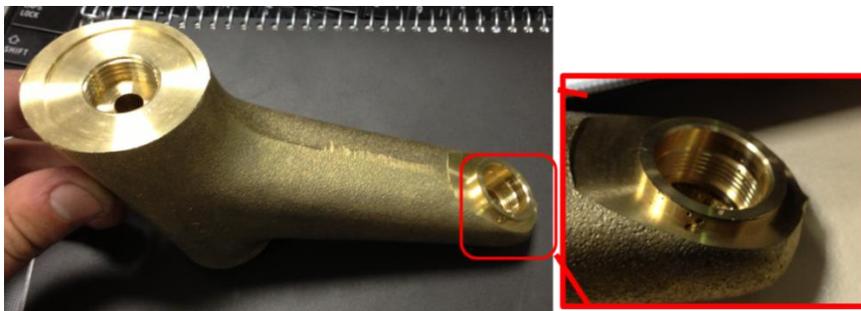


Figura 98 – Representação do problema assinalado nas peças não conformes da amostragem enviada.

Após verificação do problema, foi realizada uma análise causa-efeito deste tipo de problemas com o objetivo de propor soluções (ver Figura 99).



Figura 99 – Esquema de análise causa-efeito resultante do teste 3.

Apresentadas as proposta de soluções, estas foram filtradas de acordo com os dados obtidos no teste de vazamento sendo realizada a seguinte análise:

Análise de causas de problemas registados no teste 1	
Arrastamento de ar durante o vazamento por turbulência	✓ Possibilidade, vazamento manual “forçado” de maneira a possibilitar o enchimento da bica.
Umidade da Coquilha (Temperatura Baixa)	✓ Possibilidade, temperatura da superfície da coquilha na zona dos poros inferior (Dificuldade evaporar água do banho grafitização).
Incorreto dimensionamento Canais de extração de gases	✓ Possibilidade, perda de material excessiva pelos canais (canais sobredimensionados).
Reação metal/ molde ou metal/macho	✗ Não verificado, liga metal, molde e machos dentro dos parâmetros conformes.
Baixa permeabilidade dos machos	✗ Não verificado, processo de fabrico dos machos dentro de parâmetros conformes.

7.4.3.1 Conclusões de teste 3

Devido ao vazamento se processar de forma “forçada”, e da relativa baixa temperatura da zona indicada, seria benéfico uma maior temperatura da coquilha. Outra constatação verificase no sobredimensionamento dos canais de extração de gases, que não estão a cumprir a sua função de modo eficiente. Foram tomadas as seguintes decisões:

- Reduzir a espessura da coquilha, sendo esta redução maior na metade mais fria (Uniformização da temperatura da coquilha)
- Efetuar modificações nos canais de extração de gases (redução de canais, espessura).

7.4.4 Teste vazamento 4

A redução de espessura da coquilha tem como objetivo aumentar a temperatura da superfície de contacto com a peça, diminuindo assim a velocidade de arrefecimento do fundido. Deste modo é possível manter mais tempo a curva de solidificação no estado líquido, permitindo que o vazador execute um vazamento mais lento e com menor turbulência.

A redução de espessura foi realizada de modo empírico, tendo como base os dados térmicos e zonas identificadas como problemáticas. As modificações realizadas foram as seguintes:

- Redução 10 mm na espessura em toda a face. (metade direita “do gito”);
- Redução 15 mm na espessura em toda a face. (metade esquerda “contrária ao gito”);
- Redução extra de 5 mm na zona da bica (duas metades);
- Colocação de espessura no perfil da peça a 10 mm na zona da bica (duas metades)

Na Figura 100, são apresentadas as modificações realizadas na coquilha.



Figura 100 – Representação de redução de matéria da coquilha teste 3.

Outra modificação consistiu no redimensionamento dos canais de extração de gases, sendo realizada uma redução da espessura destes como esquematizado na Figura 101. Esta redução justificou-se pela saída em excesso de material pelos canais, indicando que estes se encontram sobredimensionados.

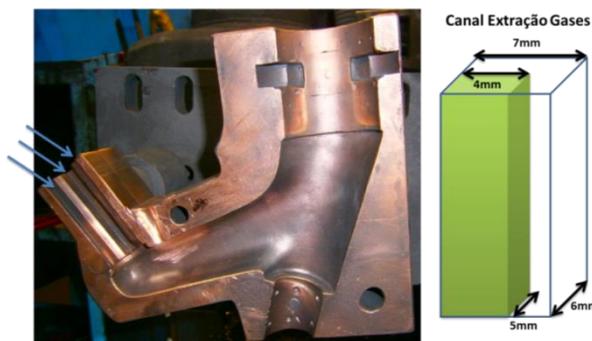


Figura 101 – Representação de modificação de canais de extração de gases teste 4.

Tendo como ponto de partida os parâmetros de vazamento registados no anterior teste, foi então realizado um novo teste (ver Figura 102).



Figura 102 – Representação de peça obtida no teste vazamento 3.



Figura 103 – Análise térmica da coquilha MB700B, resultantes do teste 3.

Os valores de temperatura obtidos na monitorização térmica (Figura 103) da coquilha, verificou-se um aumento generalizado da temperatura (cerca 5°C), sendo este aumento mais verificado na zona da bica (8°C).

Através da análise dos resultados da amostragem enviada, verificou-se uma redução das peças não conformes, (4 não conformes em amostragem de 30 peças) verificando-se assim a hipótese de turbulência no vazamento.

7.4.4.1 Conclusões de teste 4

Após realização do teste e análise de resultados, concluiu-se que esta peça apresentou uma evolução relativamente ao teste anterior, sendo o número de não conformidades reduzido para valores aceitáveis. No entanto, importa referir que esta referência deve no futuro ser exposta a nova avaliação, que permita melhorar ainda mais os seus resultados.

8 Simulação de Vazamento por Modelação Computadorizada

Neste capítulo apresenta-se o estudo de simulação de vazamento de alguns ensaios físicos realizados na DELABIE.

O uso de *software* de simulação está, a tornar-se cada vez mais importante na indústria de fundição, sendo uma importante ferramenta de apoio ao projeto de coquilha. Quando bem aplicado, permite determinar o comportamento do fundido e da sua solidificação, adequando assim a modelação dos sistemas de enchimento e alimentação para a otimização dos resultados.

A análise de resultados também pode ser muito benéfica, na previsão do processo real ao nível dos tempos de vazamento, solidificação e arrefecimento da peça, previsão de defeitos como rechupes, temperatura ideal de vazamento e respetivas propriedades mecânicas da peça resultante.

Tudo isto contribui para, uma mais rápida solução dos problemas técnicos da fase de projeto, melhorando a aptidão dos projetistas, reduzindo o tempo despendido e por fim, contribuindo para a redução dos custos de produção.

O *software* utilizado *NovaFlow&Solid CV*, apresenta-se como, uma das ferramentas do mercado, que se dedica à simulação de processos de fundição. Este programa utiliza como modelo numérico o CVM (*Control Volume Method*), na criação de “malhas” e respetivo processo de cálculo da simulação. Este método permite um desenho mais suave da superfície da peça, mais adequado e preciso para a simulação comparativamente com outros métodos numéricos. O *software* permite a utilização, de diferentes programas de simulação destacando os seguintes:

- **Solidification** (Simula a solidificação de uma peça);
- **QuickFlow** (Simula o comportamento do fundido no preenchimento de uma moldação);
- **Flow & Solid** (Simula o comportamento do fundido segundo critérios de vazamento numa moldação e a sua solidificação).

Os resultados obtidos nestas simulações devem, ser confrontados com os dados práticos/experimentais de maneira a estabelecer concordância entre resultados.

8.1 Caso de Estudo e Caracterização da Modelação Computadorizada utilizada

Como caso de estudo utilizou-se, o projeto de Coquilha da Referência RP740B (capítulo 8.3). Inicialmente foram modelados, em SolidWorks, as diferentes versões do sistema de enchimento com a peça, macho e coquilha, que posteriormente foram importados no programa NovaFlow&Solid.

De modo a produzir um estudo coerente, que permitisse comparar resultados sob as mesmas condições de teste, foram definidos os parâmetros de vazamento para todas as simulações, de acordo com as características registadas no posto de vazamento da DELABIE, sendo os mais importantes na sua caracterização, os seguintes:

Material

- **Peça:** Brass Cu60/Zn40 (Temperatura inicial:985°C)
- **Coquilha:** AMPCOLOY 88 (Temperatura inicial:150°C);
- **Macho:** Silica sand (Temperatura inicial:20°C);
- **Cavidade da Moldação:** Air in Mold: (Temperatura inicial 60°C);
- **Temperatura ambiente (fronteira 25mm da moldação):** Temperatura inicial 40°C;
- **Pintura Coquilha:** Grafite espessura 1 mm (condutividade Térmica=3,5 W/m.°C).

Não existindo, na base de dados do *software* um material que apresenta-se características aproximadas às da coquilha utilizada, foi inserido um novo material (AMPCOLOY 88) de acordo com os parâmetros que o caracterizam. A ficha técnica do fornecedor deste material é apresentada em Anexo XVI.

Opções Simulação

- **Programa simulação:** QuickFlow e Flow & Solid;
- **Tipo de Vazamento:** Gravity casting;
- **Solver- Type of solver for solidification:** *0-quasi-equilibrium model, without segregation;*
- **Simulation constant: Gravity influence:** *Medium gravity; CLF pressure,%: 70;*
- **Flow:** 0,65 kg/s.

Os restantes dados de entrada, propriedades termofísicas dos materiais e quadros de seleção são, apresentados em ANEXO XVI, sendo descritos todos os passos efetuados na preparação da simulação.

É importante referir que, a versão do programa NovaFlow&Solid utilizada, não permite simular um vazamento com rotação, característica de extrema importância no comportamento do fundido durante o vazamento. Para se obter mais informação, foram realizadas simulações

segundo diferentes inclinações, sendo que, na análise destes resultados, será tido em conta o comportamento estático da moldação.

8.2 Simulação de Teste Vazamento 1 (Proposta Projeto Coquilha Inicial)

Este primeiro teste, visa estudar a proposta de projeto de coquilha inicial para a peça RP740B (secção 8.3.1), simulando o enchimento da cavidade segundo diferentes inclinações da coquilha (20, 0 e -20°). A modelação computadorizada utilizada é apresentada na Figura 104.

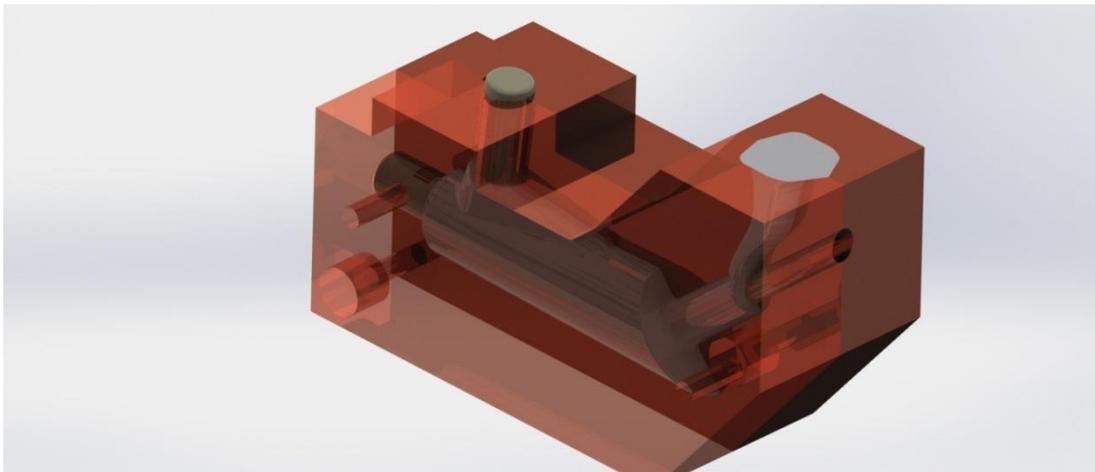


Figura 104 – Representação de modelação de componentes utilizados (Teste Vazamento 1 RP740B).

Após fazer a importação desta modelação no NovaFlow&Solid, esta foi disposta segundo as inclinações pretendidas, definidos os parâmetros de vazamento e por fim realizadas as simulações de vazamento, nas seguintes condições específicas:

Mesh:

- Refinamento da malha: 1,5mm;
- Número de células: 3763800;
- Memória utilizada: 1173,8 7Mb.

Filling Parameters Rigging:

- Volume peça: 94,2cm³;
- Volume gito: 29,1 cm³;
- Área Secção Enchimento: 852,56mm².

Os resultados finais obtidos para cada inclinação são, apresentados nas seguintes figuras.

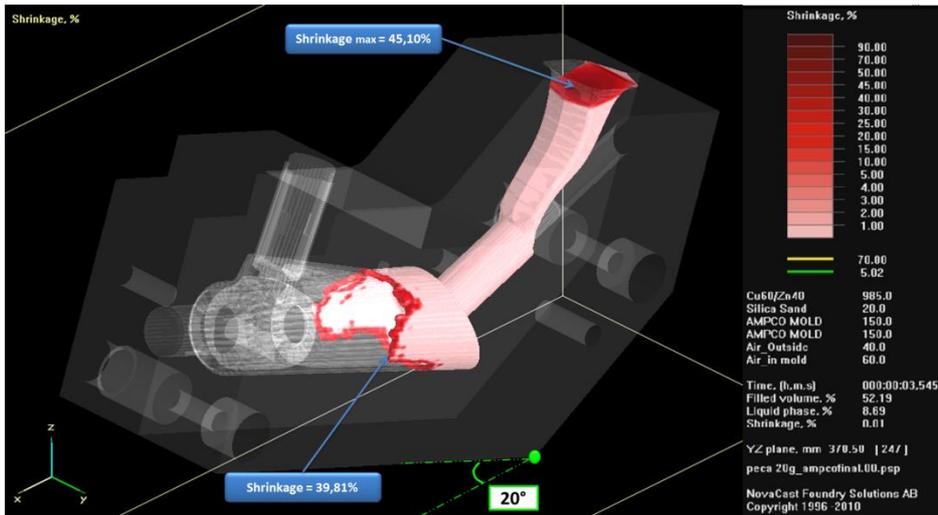


Figura 105 – Resultado de Flow&Solid (Shrinkage) com inclinação 20° Teste 1.

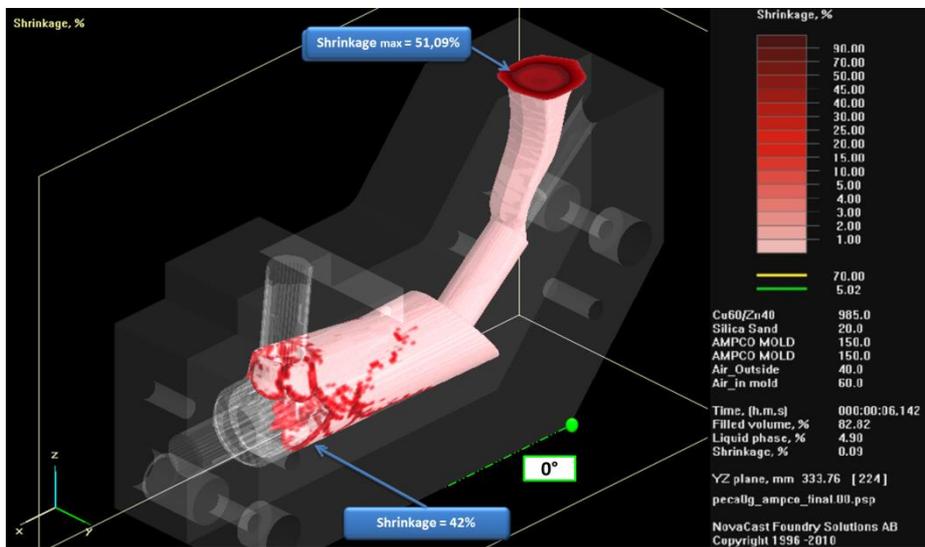


Figura 106 – Resultado de Flow&Solid (Shrinkage) com inclinação 0° Teste 1.

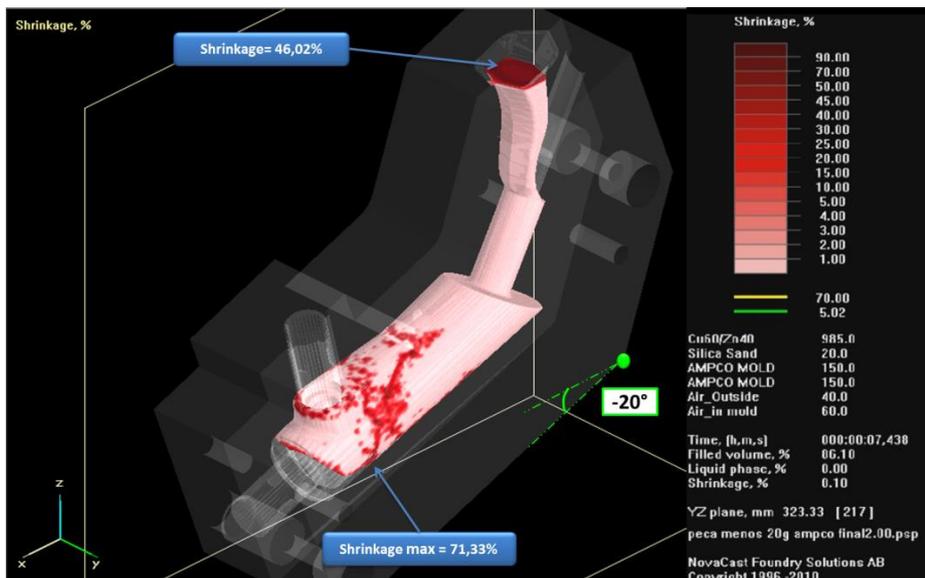


Figura 107 – Resultado de Flow&Solid (Shrinkage) com inclinação -20° Teste 1.

8.2.1 Análise de Resultados

Tabela 33 – Quadro resumo de resultados de Teste Vazamento 1 para diferentes inclinações.

Inclinação	% Volume Total Preenchido (gito+peça)	% Volume peça Preenchido	Tempo enchimento volume total (em regime fluído)	% Defeito Max
20°	52,19%	37,42%	1,949 s	45,10%(gito)
0°	82,82%	77,49%	1,606 s	51,09%(gito)
-20°	86,10	81,80%	1,472 s	46,2%(gito)

A simulação realizada com uma inclinação de 20°, apresentou um enchimento de volume de peça de 37,42%, sendo a que apresentou piores resultados, devido em parte ao fluxo de material a partir de uma determinada secção ter de se efetuar no sentido ascendente, que devido ao efeito da força gravítica se torna mais difícil.

Com a inclinação em 0° (horizontal), registou-se um aumento da percentagem de volume peça preenchido para 77,49%.

Por fim o melhor resultado ao nível do enchimento foi obtido, com a inclinação de -20°, onde a influência da força gravítica se tornou um fator benéfico, sendo registada uma percentagem de 81,80%.

Estes resultados são em parte justificados, pela diferença de tempo necessária para encher a cavidade, considerando o metal em regime fluído, sendo a velocidade de enchimento proporcional ao volume de cavidade preenchida.

Quanto à análise de defeito (rechupe) da peça, os três testes apresentaram resultados semelhantes, sendo o fenómeno registado principalmente no topo do gito e nas fronteiras de enchimento da peça.

Apesar de não ser possível verificar a influência do basculamento da coquilha, nenhuma das inclinações testadas permitiu um enchimento completo da peça, verificando-se que o sistema de enchimento não estaria corretamente projetado para as condições de vazamento pretendidas.

8.3 Simulação de Teste Vazamento 2 (Modificação Sistema Enchimento)

Com o objetivo de melhorar o enchimento da cavidade, foi desenvolvido um novo sistema de enchimento. Neste sentido, foram efetuadas simulações de enchimento, que permitissem apoiar esta alteração (secção 8.3.3), simulando o enchimento da cavidade segundo diferentes inclinações da coquilha (40, 60 e 80°).

A modelação computadorizada utilizada é apresentada na Figura 108.

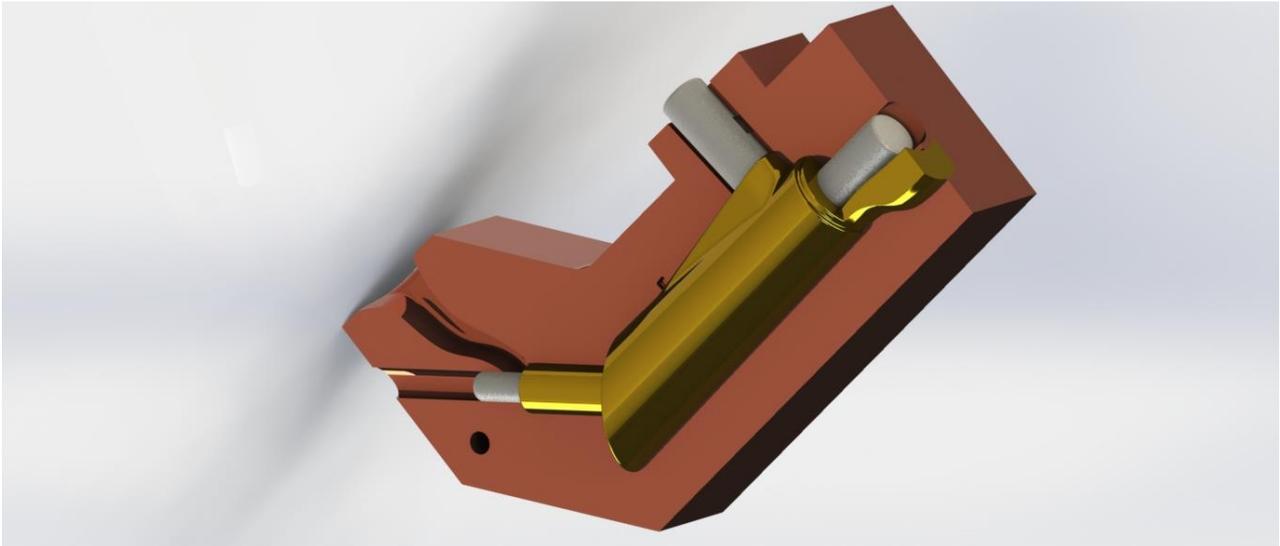


Figura 108 – Representação de modelação de componentes utilizados (Teste Vazamento 2 RP740B).

As simulações de vazamento foram realizadas nas seguintes condições específicas:

Mesh:

- Refinamento da malha: 1,5mm;
- Número de células: 4891264;
- Memória utilizada: 986,3 Mb

Filling Parameters Rigging:

- Volume peça: 94,2cm³;
- Volume gito: 19,5 cm³;
- Área Secção Enchimento: 588,65mm².

Os resultados finais obtidos para cada inclinação são, apresentados nas seguintes figuras.

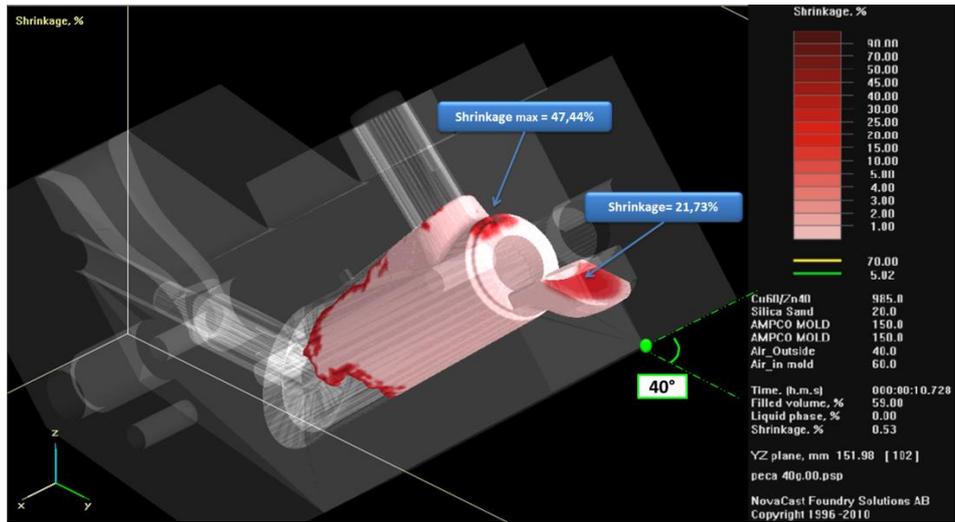


Figura 109 – Resultado de Flow&Solid (Shrinkage) com inclinação 40° Teste 2.

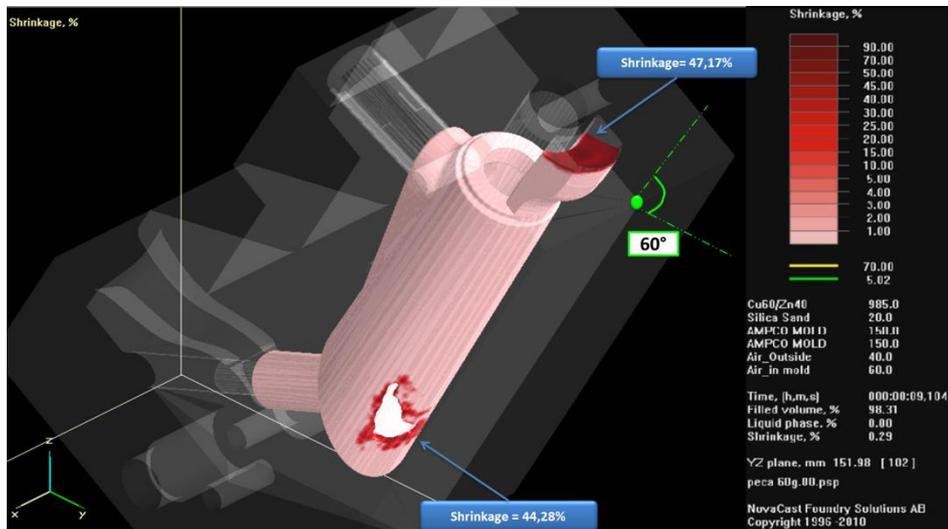


Figura 110 – Resultado de Flow&Solid (Shrinkage) com inclinação 60° Teste 2.

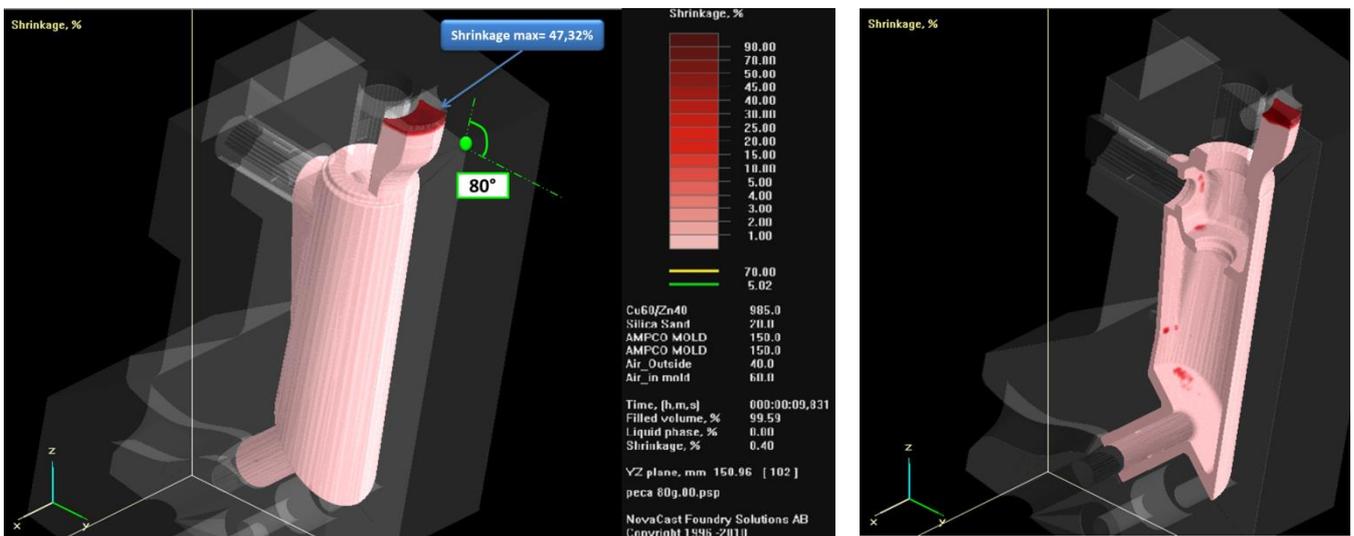


Figura 111 – Resultado de Flow&Solid (Shrinkage) com inclinação 80° Teste 2.

8.3.1 Análise de Resultados

Tabela 34 – Quadro resumo de resultados de Teste Vazamento 1 para diferentes inclinações.

Inclinação	% Volume Total Preenchido (gito+peça)	% Volume peça Preenchido	Tempo enchimento volume total (em regime fluído)	% Defeito Max
40°	59,00%	52,49%	2,470s → 98,03% (Não conclusivo)	47,44% (peça)
60°	98,31%	98,04%	1,406 s	47,17% (gito)
80°	99,59%	99,52%	1,281 S	47,32% (gito)

A simulação realizada com uma inclinação de 40°, apresentou um enchimento de 52,49% do seu volume, sendo o que apresentou piores resultados neste campo.

Com a inclinação em 60°, registou-se um aumento da percentagem de volume preenchido para 98,04%.

Por fim o melhor resultado foi obtido com a inclinação de 80°, onde a influência da força gravítica se tornou um fator benéfico para o enchimento, sendo registada uma percentagem de 99,52%.

Comparando o tempo necessário para encher a cavidade, verifica-se que, com sistema de enchimento, para o mesmo caudal, permite completar a cavidade num menor intervalo de tempo. Este fator representa uma vantagem, desta localização em detrimento da localização inicial. Referir ainda que no caso do vazamento a 40°, devido à altura máxima do gito estar ao mesmo nível de uma parte superior da peça, impossibilitou o enchimento considerando que o material se encontra em regime líquido, não se obtendo resultados válidos.

Quanto à análise de defeito da peça, o melhor resultado foi obtido para 80°, no entanto o interior apresenta algumas zonas internas com defeito (rechupes), que no entanto nunca chegam a atingir a espessura de parede da peça.

Apesar de não ser possível verificar a influência do basculamento da coquilha, comparando estes resultados com os obtidos no teste 1, verificou-se uma melhoria do enchimento da cavidade da peça, sugerindo que este sistema de enchimento se apresenta mais adequado às condições reais de vazamento.

8.4 Simulação de Teste de Vazamento 3 (Redução de Espessura Coquilha)

De modo a analisar o efeito de redução de espessura da coquilha, no processo de vazamento e na temperatura final da coquilha, foram efetuadas modificações no modelo da coquilha reduzindo assim a sua espessura de parede. A modelação computadorizada após modificação é, apresentada na Figura 118.



Figura 112 – Representação de modelação de componentes utilizados (Teste Vazamento 3 RP740B).

Utilizando os mesmos parâmetros do teste de vazamento 2, foram efetuadas novamente as simulações para as mesmas inclinações do conjunto. Os resultados finais obtidos são, apresentados nas seguintes figuras.

Mesh:

- Refinamento da malha: 1,5mm;
- Número de células: 4891264;
- Memória utilizada: 986,3 Mb

Filling Parameters Rigging:

- Volume peça: 94,2cm³;
- Volume gito: 19,5 cm³;
- Área Secção Enchimento: 588,65mm².

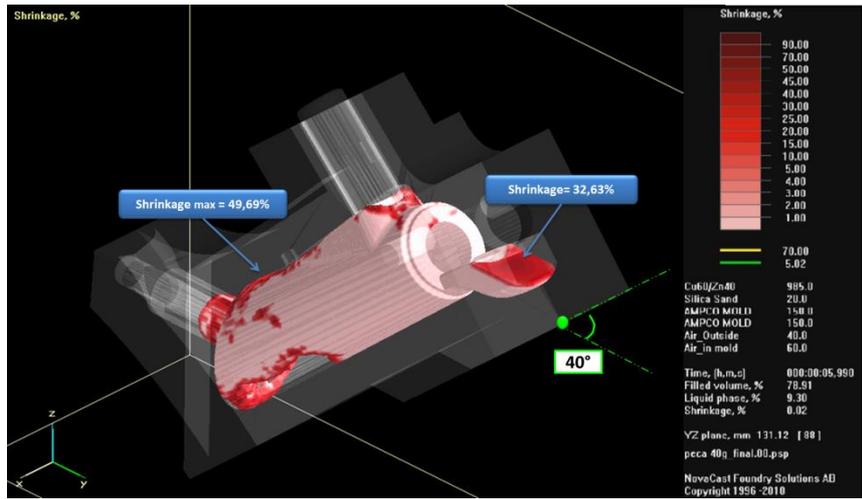


Figura 113 – Resultado de Flow&Solid (Shrinkage) com inclinação 40° Teste 3.

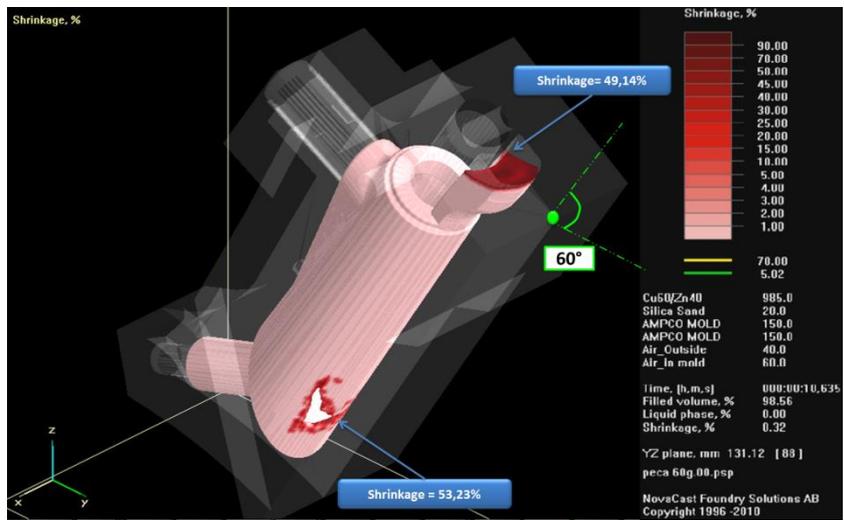


Figura 114 – Resultado de Flow&Solid (Shrinkage) com inclinação 60° Teste 3.

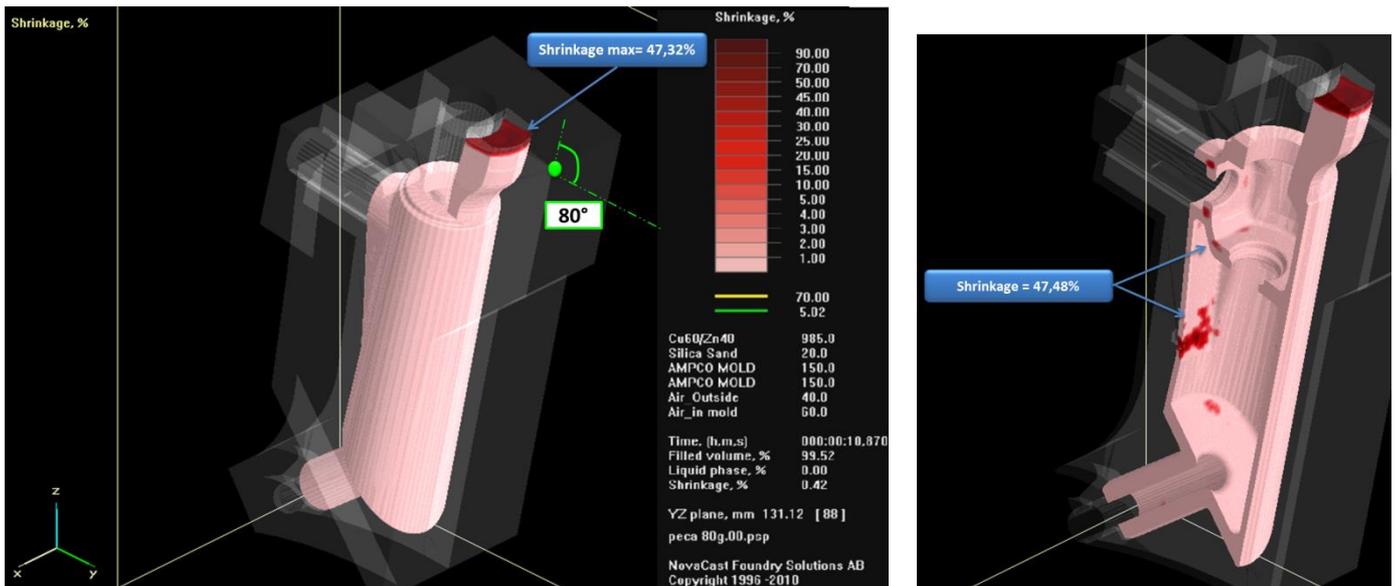


Figura 115 – Resultado de Flow&Solid (Shrinkage) com inclinação 80° Teste 3.

De modo a analisar a transferência de calor, do fundido para a coquilha, durante o processo de solidificação da peça, foram colocados termopares em pontos específicos, permitindo assim a monitorização da temperatura. Este estudo pretende verificar, o efeito de redução de espessura de parede da coquilha na sua temperatura final, sendo assim, comparadas as coquilhas utilizadas no teste 2 e 3. Na Figura 116 e Figura 117, são apresentadas as temperaturas da coquilha, no final do processo de enchimento da peça segundo o teste com inclinação a 80°, visto ter sido a que apresentou melhores resultados a nível de enchimento da peça.

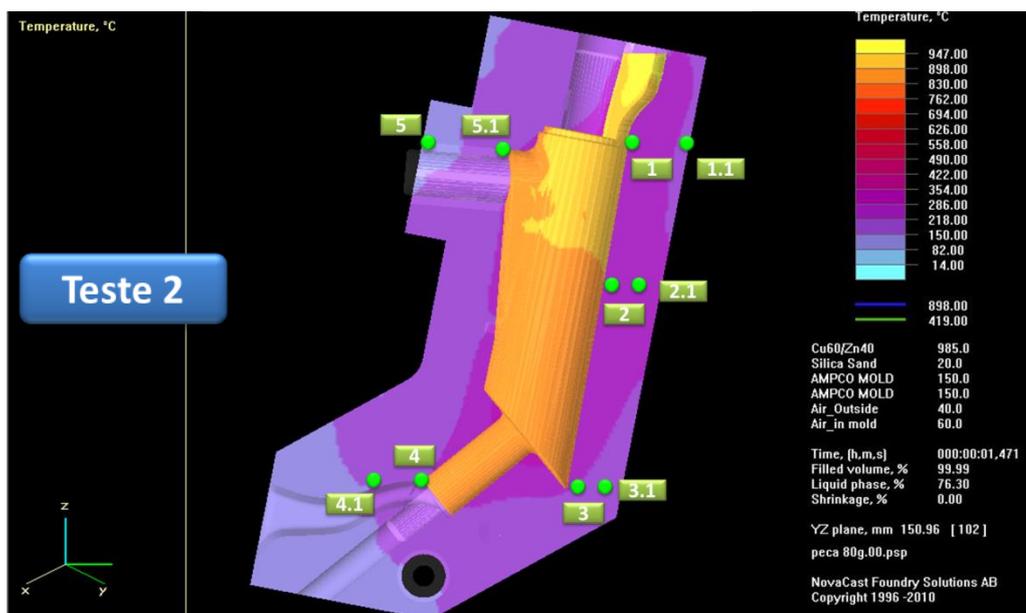


Figura 116 – Representação de dados de temperatura (TESTE 2) após vazamento (1,47s).

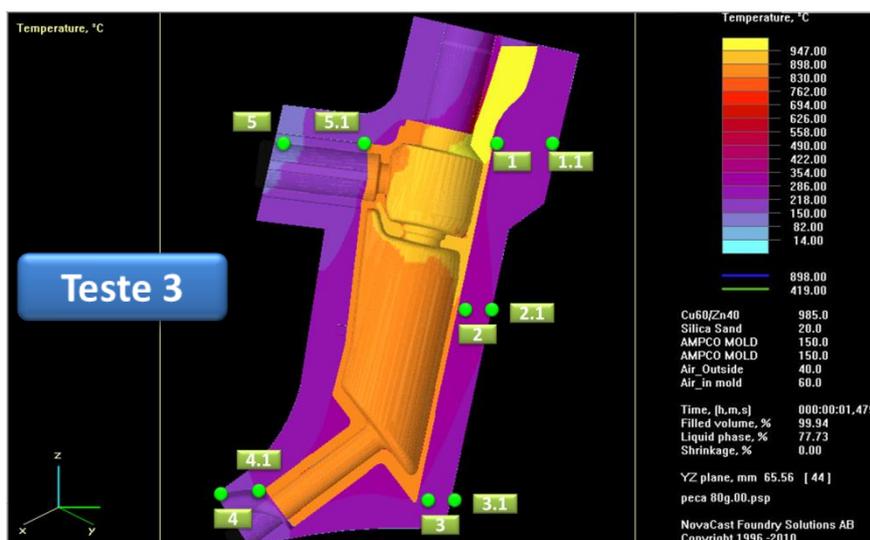


Figura 117 – Representação de dados de temperatura (TESTE 3) após vazamento (1,47s).

8.4.1 Análise de Resultados

Tabela 35 – Quadro resumo de resultados de Teste Vazamento 1 para diferentes inclinações.

Inclinação	% Volume Total Preenchido (gito+peça)	% Volume peça Preenchido	Tempo necessário para atingir volume máximo	% Shrinkage
40°	78,91%	75,56%	2,432s → 98,0% (Não conclusivo)	55,21% (peça)
60°	98,56%	98,30%	1,404 s	53,23% (peça)
80°	99,52%	99,44%	1,285 s	52,14% (gito)

Analisando os resultados sob o ponto de vista de enchimento da peça, verificaram-se resultados muito semelhantes em comparação com os do teste 2.

Na Tabela 36, apresentam-se uma comparação das temperaturas registadas nos respetivos pontos definidos.

Tabela 36 – Comparação de Resultados de temperatura do Teste 1 e 2 nos pontos definidos.

Ponto	Coquilha Teste 2 [°C]	Coquilha Teste 3 [°C]	Δ Variação de Temperaturas [°C]
1	272	287	15
1.1	215	226	11
2	268	308	40
2.1	230	285	55
3	232	270	38
3.1	202	254	52
4	190	225	35
4.1	157	188	31
5	190	193	3
5.1	144	147	3

Comparando as temperaturas, das duas coquilhas utilizadas, verifica-se um aumento generalizado da temperatura no caso da coquinha do teste 3, que devido à redução da espessura de parede apresenta uma menor massa.

Esta diferença de temperaturas explica-se, pelo facto de a massa do corpo ser diretamente proporcional à sua capacidade térmica, em que, quanto menor a massa do corpo, maior será a variação de temperatura deste (ver Equação 12).

$$C = m \times c \quad \text{Equação 12}$$

C= capacidade térmica;
m= massa do corpo;
c= calor específico.

Por fim, é possível verificar neste caso que as modificações realizadas na coquilha, promoveram uma maior uniformização de temperaturas na sua superfície de contato com a peça, sendo no entanto, a maior diferença registada no teste 3 (cerca de 115°C).

9 Conclusão

Neste capítulo apresentam-se algumas considerações finais sobre o trabalho realizado e faz-se ainda referência às oportunidades para trabalho futuro a desenvolver na DELABIE- Portugal.

9.1 Considerações Finais

Concluída esta dissertação foi possível verificar que os objetivos planeados foram cumpridos, considerando no entanto que estes devem ser constantemente renovados, promovendo a melhoria contínua nas respetivas vertentes.

A recolha de dados por vezes tornou-se problemática, devido às mudanças que a empresa sofreu durante o decorrer deste trabalho, justificado pelo curto período de atividade da empresa. No entanto dessas análises foi possível identificar problemas para os quais se propuseram soluções que foram de encontro à prossecução dos objetivos planeados que, neste caso representam, ganhos de Produção Útil (12% no PT Vazamento), registando-se uma melhoria significativa das condições de segurança, qualidade e funcionalidade dos espaços.

A criação do Manual “Modo Operatório Geral” para cada posto de trabalho permitiu, estruturar a sequência normalizada de trabalho, agrupando toda a informação necessária para desenvolver as suas atividades, facilitando a formação e aprendizagem dos novos operadores. A implementação das Fichas “Modo Operatório Específico” do Posto Vazamento criadas para cada referência permitiram, registar os valores otimizados dos parâmetros de programação e montagem de uma coquilha, uniformizando os parâmetros e promovendo a redução de não conformidades associadas.

O novo sistema de controlo de carregamento do forno estabeleceu, um processo de adição de lingotes e carga de gitos de acordo com o tipo de liga em produção, limitando a refusão de gitos para um máximo de 30% da carga introduzida no forno. Esta medida permitiu diminuir a variação da percentagem dos elementos das amostras do banho, registando-se uma diminuição do desvio padrão da %Cu (de 0,62% para 0,23%) e da %Zn (0,65% para 0,24%) de modo a limitar o efeito de aumento %Cu e de diminuição %Zn e Al, sendo no entanto importante estabelecer uma parceria futura com uma entidade que permita uma monitorização contínua da %Al.

As medidas de monitorização e controlo dos banhos de grafite implementadas permitiram, colocar estes em conformidade com os parâmetros qualitativos estabelecidos (densidade dos

banhos de 1,070 g/dm³). Com a aquisição de densímetros para registrar a densidade dos banhos e criação de tabelas de relação de adição de grafite, permite ao operador responsável saber a quantidade de grafite a acrescentar a cada banho, para o manter dentro da gama de conformidade estabelecida. Este estudo demonstrou ainda, a necessidade de procurar por novas soluções de grafite, que apresentem um teor em carbono superior a 75%.

O desenvolvimento de um novo sistema de enchimento na coquilha RP740B, permitiu evoluir de uma situação inicial de não enchimento da peça (cerca 65%), para um enchimento completo, reduzindo-se ainda 67% da massa do gito (cerca de 266g). A redução de espessura de parede da coquilha promoveu uma maior uniformização das suas temperaturas, registrando-se um aumento generalizado destas (cerca 30°C). Com a aplicação da matriz de nervuras, os problemas de fissuração superficial foram completamente eliminados nas zonas assinaladas. No caso da coquilha MB700B, a modificação do sistema de enchimento permitiu o enchimento completo da cavidade da coquilha, permitindo ainda uma poupança na massa do gito de 62% (cerca de 555g). A nível qualitativo, o problema de não conformidade causado por porosidades foi reduzido de 50% para 13%. Em ambos os casos, a avaliação final considerou as referências válidas para produção, dentro dos parâmetros de qualidade da DELABIE.

Apesar da versão de *software* de modelação utilizada (NovaFlow&Solid) não ser a mais indicada por não permitir o basculamento da coquilha, o princípio de utilização de softwares de simulação de vazamento em projeto deve ser tido em conta pois, permitem antever resultados, evitando a ocorrência de ensaios físicos mal sucedidos e custos a eles associados. Os testes de simulação de vazamento com solidificação da peça comprovaram, a grande influência do sistema de enchimento na peça em estudo, sendo o melhor resultado obtido em cada um dos casos o seguinte:

- Teste Vazamento 1 (inclinação -20°): 62,50% volume peça preenchido;
- Teste Vazamento 2 (inclinação 80°): 99,52% volume peça preenchido.

A contração do metal, e a ocorrência de rechupes (defeitos) internos representaram cerca de 0,48% do volume total da peça. Através da simulação *QuickFlow*, que analisa o comportamento de um fluído no enchimento de uma cavidade, verificou-se que o sistema de enchimento projetado no teste 2 permite o enchimento da peça num menor intervalo de tempo (1,281 s) comparativamente com o sistema de enchimento do teste 1 (1,472 s), sendo uma das vantagens, que explica em parte a melhoria nos resultados no vazamento.

Comparando o teste 2 com o teste 3, os resultados de enchimento e solidificação da peça foram muito semelhantes. No entanto, verificou-se um aumento das temperaturas da coquilha no teste 3.

Por fim referir que este trabalho permitiu ao autor, desenvolver competências, na análise de um ambiente industrial real, percebendo assim as dificuldades e desafios constantes que este representa.

9.2 Trabalho futuro

Como trabalho futuro sugere-se a implementação de outras atividades que deem continuidade às já apresentadas:

- Introdução de uma metodologia LEAN (Melhoria da Organização da Produção);
- Implementar análise química diária considerando a %Al do latão;
- Analisar dureza do latão (avaliar qualidade e desempenho do latão para fundição);
- Testes de afinamento do grão;
- Evoluir trabalho de adaptação da liga às necessidades;
- Testes com nova grafite de maior teor em carbono (verificar melhoria de grafitização);
- Teste de produção com diferentes parâmetros de fundição (Subida de temperatura do banho, aumento de espessura das peças);
- Rastreamento de todo o processo (verificar efeitos de alterações nas peças);
- Introdução de mais atividades de controlo e informatização do sistema;
- Introdução de modelação computadorizada (simulação vazamento) no projeto de coquilhas (parceria com empresa) em *software* alternativo (PROcast, MAGMA soft).

Referências bibliográficas

Andresen, B. (2005) *Die Casting Engineering, A Hydraulic, Thermal and Mechanical Process* (1a ed.). New York: Marcel Dekker.

Barbosa, J. (2003). *Introdução à Tecnologia da Fundição e Processos de Fundição*. Guimarães: Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade do Minho.

Carvalho, D. (2008). Human Limitations on Waste Detection: An Experiment, Waste Detection Approaches, *Business Sustainability*.

Castro, F.; Junqueira, J. (1996) *Latões para fundição*, Barcelos: Edição de CETEM - Centro Técnico de Engenharia Mecânica, Metalúrgica e de Materiais. Cadernos de Metalurgia, nº3.

CTIF. (1983) *Le Moulage en Coquille du laito*. Paris: Syndicat Général des Fondeurs de France. Comission Nationale de la Formation Professionnelle.

Fisher, T., P. (1967) *The technology of gravity die casting* (1a ed.). Paris: Syndicat Général des Fondeurs de France. Comission Nationale de la Formation Professionnelle.

Iberê, R., Duarte (2004). *Fundição em Coquilha por Gravidade*. Itáúna: SENAI/CETEF.

I.Vaskova, D. Fecko (2011). *Comparison of simulation programs MAGMASOFT an NOVAFLOW&SOLID in terms of results accuracy*, Kosice, Technicka univerzita v Kosiciach

Joseph R., Davis, "Copper and copper alloys", ASM Specialty Handbook.

L.C. Kumruoglu, A. O. (2008). Investigation of critical liquid fraction factor in nodular iron castings by computer simulation. p. 188.

O'Brien, R. (1998) *An Overview of the Methodological Approach of Action Research*, Faculty of Information Studies, University of Toronto.

Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond large-scale production*. New York: Productivity Press.

Seabra, A., (1981) *Metalurgia Geral* (Vol 2). Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Shingo, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System From Industrial Engineering Viewpoint*. Productivity Press.

Simplício, M., R. (1999) *Novas Ligas Ecológicas de Latão* (vol.2). Guimarães: Actas do 9º Encontro da Sociedade Portuguesa de Materiais.

Soares, G. (2000) *Fundição: Mercado, Processos e Metalurgia* (1a ed.). Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ.

Womack, J., Jones, D., & Ross, D. (1990). *The machine that changed the world*. New York: Rawson Associates.

Womack, J., & Jones, D. (2003) *Lean thinking. Banish waste and create wealth in your corporation* (2a ed.). London: Touchstone Books.

Análise química por Difração raio x. [Consultado 2013-04-11] Disponível na www: <URL: http://pt.wikipedia.org/wiki/Difra%C3%A7%C3%A3o_de_raios_X>;

Análise química por Espectrometria. [Consultado 2013-04-11] Disponível na www: <URL: http://pt.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lise_qu%C3%ADmica>;

Capacidade térmica. [Consultado 2013-08-12] Disponível na www: <URL: <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Termologia/Calorimetria/capacidade.php>>;

Latão. [Consultado 2013-03-5] Disponível na www: <URL: <http://www.brass.org>>;

Density measurement techniques. [Consultado 2013-04-18] Disponível na www: <URL: http://us.mt.com/us/en/home/supportive_content/product_information_faq/Comparision_measuring_methods_for_DERE.html>;

Graphite Density. [Consultado 2013-04-18] Disponível na www: <URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Graphite>>;

Ligas ecológicas- ecobrass. [Consultado 2013-03-5] Disponível na www: <URL: http://www.greenalloys.com/green_alloys_products_ecobrass.asp>;

Ligas ecológicas- envirobrass. [Consultado 2013-03-5] Disponível na www: <URL: http://www.greenalloys.com/green_alloys_products_envirobrass.asp>;

Ligas ecológicas-federalloy. [Consultado 2013-03-5] Disponível na www: <URL: http://www.greenalloys.com/green_alloys_products_federalloy.asp>;

Thermal conductivity materials. [Consultado 2013-08-12] Disponível na www: <URL: http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html>;

Anexos

Anexo I – Lista de Principais Referências produzidas na DELABIE- Portugal

Na Tabela 37 são apresentados os produtos que representam uma maior percentagem da produção realizada na empresa.

Tabela 37 – Tipos de produtos fabricados fabricadas

Referência	Características Produção		Imagem
B495B	Número de Peças Produzidas 2013		
	Peso peça sem gito	965 g	
C621B	Número de Peças Produzidas 2013		
	Peso peça sem gito	566 g	
C662B	Número de Peças Produzidas 2013		
	Peso peça sem gito	299 g	
CU790B	Número de Peças Produzidas 2013		
	Peso peça sem gito	652 g	
M795B	Número de Peças Produzidas 2013		
	Peso peça sem gito	894 g	

MB622B	Número de Peças Produzidas 2013		
	Peso peça sem gito	690 g	
MB700B	Número de Peças Produzidas 2013		
	Peso peça sem gito	697 g	
MB742B	Número de Peças Produzidas 2013		
	Peso peça sem gito	879 g	
MT731020B	Número de Peças Produzidas 2013		
	Peso peça sem gito	1310 g	
MT733015B	Número de Peças Produzidas 2013		
	Peso peça sem gito	350 g	
MT792B	Número de Peças Produzidas 2013		
	Peso peça sem gito	677 g	
POM714700B	Número de Peças Produzidas 2013		
	Peso peça sem gito	585 g	

R764B	Número de Peças Produzidas 2013		
	Peso peça sem gito	345 g	
RP702B	Número de Peças Produzidas 2013		
	Peso peça sem gito	769 g	
RP740B	Número de Peças Produzidas 2013		
	Peso peça sem gito	803 g	
RP741B	Número de Peças Produzidas 2013		
	Peso peça sem gito	532 g	
RP745200B	Número de Peças Produzidas 2013		
	Peso peça sem gito	690 g	
RP747B	Número de Peças Produzidas 2013		
	Peso peça sem gito	212 g	

RP760B	Número de Peças Produzidas 2013		
	Peso peça sem gito	682 g	
RP761001B	Número de Peças Produzidas 2013		
	Peso peça sem gito	479 g	
RPE761B	Número de Peças Produzidas 2013		
	Peso peça sem gito	565 g	
RU479B	Número de Peças Produzidas 2013		
	Peso peça sem gito	793 g	

Anexo II – Descrição do Sector de Produção

Neste anexo é apresentado o layout expandido da unidade produtiva DELABIE- Portugal, sendo identificados os Postos de Trabalho.

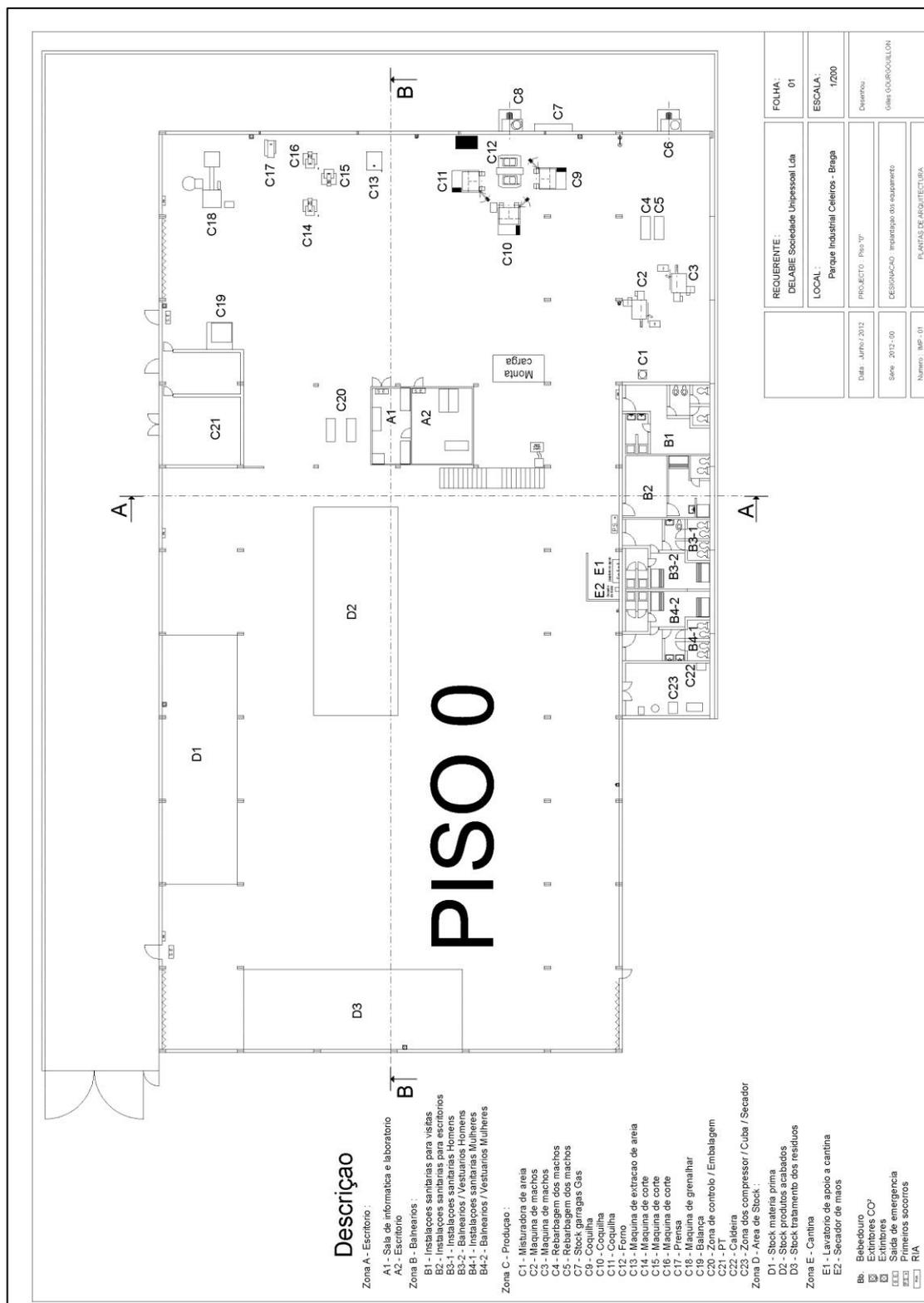


Figura 118 - Layout Piso 0 Sistema Produtivo DELABIE- Portugal.

Anexo III – Modos Operatórios Gerais dos Postos de Trabalho

Neste anexo são apresentados os “Modos Operatórios Gerais” dos PT’s do sistema produtivo da DELABIE analisados.

MOG- PT Carregamento do Forno

DELABIE		MODO OPERATORIO		Ref. Doc.	MO-F4-CF_v1
Posto :		CARREGAMENTO DO FORNO		Data:	28-Fev-2013
1 OPERADOR					
1-1 Formação: Ver tabela de competências.					
1-2 Condições especiais: Exige um porte de carga superior à 10 kg.					
2 POSTO DE TRABALHO / MAQUINA					
- Forno: FOR-001 e FOR-002 ; - Mesa de pré-aquecimento das coquilhas: MES-004 ; - Carro transporte de Lingotes: CAR-006					
3 FERRAMENTAS					
3-1 Produção: - Pinça; - Sistema de alerta de carregamento dos lingotes no banho. - Transpalet de alta elevação.					
3-2 Controlo: - Medidor da qualidade da matéria Xtrata: XST-001 - Microscópio digital: Dino Capture 2.0 ; - Balança.					
4 MATERIA PRIMA					
- Lingote de latão referência CB7525(ASB3-DZR) CB7548(ASB6) CB7525(ASB2); - Lingotes de +/- 10 kg fornecido em paletes de cerca de 1200kg.					
					
Data:	Resp. EMISSÃO	Data:	Resp. VERIFICAÇÃO	Data:	Resp. APROVAÇÃO
//	Nome: Gilberto Gasparini Rubrica:	_/_/	Nome: Frederico Coelho Rubrica:	_/_/	Nome: Frederico Coelho Rubrica:

DELABIE		MODO OPERATORIO		Ref. Doc.	MO-F4-CF_v1
Posto :		CARREGAMENTO DO FORNO		Data:	28-Fev-2013
5 PLANOS E PROCEDIMENTOS DE TRABALHO					
1 - Colocar os lingotes em cima da mesa prevista para o pré-aquecimento junto do forno.					
					
2 - Introduzir no banho no lado da entrada do forno, 1 lingote de cada vez conforme alerta visual.					
3 - Retirar a camada de oxidação (frequencial).					
Data:	Resp. EMISSÃO	Data:	Resp. VERIFICAÇÃO	Data:	Resp. APROVAÇÃO
//	Nome: Gilberto Gasparini Rubrica:	_/_/	Nome: Frederico Coelho Rubrica:	_/_/	Nome: Frederico Coelho Rubrica:

DELABIE		MODO OPERATORIO		Ref. Doc.	MO-F4-CF_v1
Posto :		CARREGAMENTO DO FORNO		Data:	28-Fev-2013
6 MANUTENCAO PREVENTIVA					
7 HIGIENE & SEGURANCA					
7-1 Equipamentos de Proteção Individual (E.P.I.): - Óculos com proteção lateral. - Luvas contra queimaduras. - Vestuário protetor (Bata contra queimaduras). - Sapatos de segurança. - Mascara em caso de manipulação prolongada.					
7-2 Equipamentos importantes para a Segurança (E.I.S.): - Chuveiro de segurança.					
7-3 Primeiros socorros: -					
7-4 Medidas de combate a incendio: -					
8 LIMPEZA DO POSTO DE TRABALHO					
No fim de cada dia da utilização: - Executar a manutenção preventiva. - Limpar e varrer posto de trabalho. - Despejar resíduos e embalagens nos contentores apropriados para recolha.					
9 RECICLAGEM / TRATAMENTO DOS RESIDUOS					
- Lingotes:					
10 MANUSEAMENTO E ARMAZENAMENTO E CONDICÕES ESPECIAIS					
- Manusear os lingotes com luvas. - Armazenar lingotes em lugar seco.					
Data:	Resp. EMISSÃO	Data:	Resp. VERIFICAÇÃO	Data:	Resp. APROVAÇÃO
//	Nome: Gilberto Gasparini Rubrica:	_/_/	Nome: Frederico Coelho Rubrica:	_/_/	Nome: Frederico Coelho Rubrica:

MOG- PT Vazamento de Peças

DELABIE	MODO OPERATÓRIO		Ref. Doc: MOG4_FS_V2
	Posto : VAZAMENTO	Data: 20-Fev-2013	

1 OPERADOR

1-1 Formação:
Consultar tabela de competências.

1-2 Condições especiais:
Exige um porte de carga superior a 2 kg

2 POSTO DE TRABALHO / MÁQUINA

- Forno: **FOR-001; FOR-002.**
- Sonda Temperatura: **SON-001; SON-002.**
- Coquilhadoras: **COQ-001; COQ-002; COQ-003; COQ-004; COQ-005.**
- Escovas circulares: **ESC-001; ESC-002; ESC-003; ESC-004; ESC-005.**
- Pistola de ar comprimido: **PIS-001; PIS-002; PIS-003; PIS-004; PIS-005.**
- Mesa de trabalho/controlo: **MES-001; MES-002; MES-003; MES-004; MES-005.**
- Maçarico: **MAC-001; MAC-002; MAC-003; MAC-004; MAC-005.**
- Carro de Transporte: **CAR-001; CAR-002; CAR-003; CAR-004; CAR-005**

3 FERRAMENTAS

Data: ___/___/___	Resp. EMISSÃO	Data: ___/___/___	Resp. VERIFICAÇÃO	Data: ___/___/___	Resp. APROVAÇÃO
Nome: Gilberto Gasparres		Nome: Frederico Coelho		Nome: Frederico Coelho	
Rubrica:		Rubrica:		Rubrica:	

DELABIE	MODO OPERATÓRIO		Ref. Doc: MOG4_FS_V2
	Posto : VAZAMENTO	Data: 20-Fev-2013	

3-1 Produção:

- Coquilhas DELABIE por referência;
- Chaves de aperto;
- Colheres;
- Pinças;
- Escumadeira;
- Escova manual em latão;
- Barra limpeza cobre;
- Batedores limpeza colher.

3-2 Controlo:

- Paquímetro digital: **MITUTOYO**
- Microscópio digital: **Dino Capture 2.0;**
- Medidor da qualidade da matéria Xstrata: **XST-001;**
- Densímetro: **Ridisdale & CO. 007148**
- Balança de pesagem de lingotes.

4 MATÉRIA-PRIMA

Data: ___/___/___	Resp. EMISSÃO	Data: ___/___/___	Resp. VERIFICAÇÃO	Data: ___/___/___	Resp. APROVAÇÃO
Nome: Gilberto Gasparres		Nome: Frederico Coelho		Nome: Frederico Coelho	
Rubrica:		Rubrica:		Rubrica:	

DELABIE	MODO OPERATÓRIO		Ref. Doc: MOG4_FS_V2
	Posto : VAZAMENTO	Data: 20-Fev-2013	

- Lingote de latão referência (CB754S ou CB752S(DZR));
- Grafite GRAFICOL 85; saco de 40kg (não tem prazo de validade);
- Água (Para tanques Coquilhadora);
- Gás;
- Carvão: Embalagens de 15 kg;
- Pastilhas Logas 50/1: 024002 FOSECO;
- Pastilhas Deox Tubes DS4: 140451 FOSECO
- Pó Alumínio de sódio: ALBRAL 3 FOSECO (SACOS DE 25 kg)

Data: ___/___/___	Resp. EMISSÃO	Data: ___/___/___	Resp. VERIFICAÇÃO	Data: ___/___/___	Resp. APROVAÇÃO
Nome: Gilberto Gasparres		Nome: Frederico Coelho		Nome: Frederico Coelho	
Rubrica:		Rubrica:		Rubrica:	

DELABIE	MODO OPERATÓRIO		Ref. Doc: MOG4_FS_V2
	Posto : VAZAMENTO	Data: 20-Fev-2013	

5 PLANOS E PROCEDIMENTOS DE TRABALHO

A) REGULAGEM DA MÁQUINA NAS MUDANÇAS DE SÉRIE:

1 – Antes de acabar a série, colocar as próximas coquilhas em pré-aquecimento no suporte na zona de carregamento do forno

2 – Desmontar as coquilhas.

3 – Montar as novas coquilhas conforme a “Instrução de Trabalho” adequada à referência da peça (Atividade realizada por operador autorizado).

4 – Programar coquilhadora conforme a “Instrução de Trabalho” adequada à referência da peça, e concluir ajustes de montagem de coquilha (Atividade realizada por operador autorizado).

5 – Verificar a temperatura e densidade do banho de água e grafite (definir frequência).

6 – Passar as coquilhas pelo banho de água e grafite.

7 – Aquecimento das coquilhas com o maçarico a gás até atingirem as Temperaturas indicadas “Instrução de Trabalho” adequada à referência da peça.

8 – Produzir uma peça e controlar (Validação do arranque da série).

Data: ___/___/___	Resp. EMISSÃO	Data: ___/___/___	Resp. VERIFICAÇÃO	Data: ___/___/___	Resp. APROVAÇÃO
Nome: Gilberto Gasparres		Nome: Frederico Coelho		Nome: Frederico Coelho	
Rubrica:		Rubrica:		Rubrica:	

DELABIE	MODO OPERATÓRIO	Ref. Doc: MOG4_FS_V2
	Posto : VAZAMENTO	Data: 20-Fev-2013

B) PRODUÇÃO EM SÉRIE:

- 1 - Carregar no pedal para passar as coquilhas pelo banho de água e grafite.
- 2 - Caso não se verifique total evaporação da água realizar aquecimento até as coquilhas atingirem as temperaturas indicadas "Instrução de Trabalho" adequada à referência da peça.
- 3 - Pegar o(s) macho(s) e coloca-lo(s) na coquilha.
- 4 - Passar um jacto de ar por cima para eliminar os possíveis grãos de areia, posicionando a pistola de ar comprimido a cerca de 30 cm da superfície da coquilha (não retirar grafite).
- 5 - Carregar no pedal para fechar as coquilhas e coloca-las em posição de vazamento.
- 6 - Pegar na colher verificar o seu estado (limpar e aquecer se necessário) e retirar a matéria (latão em fusão) na parte de recolha do forno, fazendo um movimento de trás para a frente de maneira a evitar pegar na matéria oxidada.
- 7 - Fazer o vazamento da matéria na coquilha (encostar o bico da colher para vaziar o material ao longo da parede do canal) acionando com o pedal o arranque da inclinação automática da coquilha, segundo a "Instrução de Trabalho" adequada à referência da peça.
- 8 - Recolocar o resto de matéria no banho e pousar a colher ao lado do forno (para ela não arrefecer) virada para baixo.








Data: / /	Resp. EMISSÃO	Data: / /	Resp. VERIFICAÇÃO	Data: / /	Resp. APROVAÇÃO
	Nome: Gilberto Gaspáres Rubrica:		Nome: Frederico Coelho Rubrica:		Nome: Frederico Coelho Rubrica:

DELABIE	MODO OPERATÓRIO	Ref. Doc: MOG4_FS_V2
	Posto : VAZAMENTO	Data: 20-Fev-2013

- 9 - Depois de a coquilha se abrir automaticamente, recuperar a peça com a pinça.
- 10 - Controlar o aspeto superficial "pele" da peça.
- 11 - Depositar (não atirar!) a peça na base "Saída das peças" prevista para o efeito. (Se a peça for Não conforme, colocar na caixa de Não conformidades).
- 12 - Pousar a pinça.
- 14 - Limpar as coquilhas para retirar a grafite após número de vazamentos definido na "Instrução de Trabalho" adequada à referência da peça, ou sempre que o operador verifique necessidade de limpar a coquilha.
- 15 - Selecionar amostras de peças para controlo e análise conforme indicado na "Instrução de Trabalho" adequada à referência da peça (Validação frequencial).
- 16 - Carregar forno com lingotes, segundo as necessidades de consumo.
- 17 - Retirar a camada de oxidação da zona de recolha de material fundido (frequencial).







Data: / /	Resp. EMISSÃO	Data: / /	Resp. VERIFICAÇÃO	Data: / /	Resp. APROVAÇÃO
	Nome: Gilberto Gaspáres Rubrica:		Nome: Frederico Coelho Rubrica:		Nome: Frederico Coelho Rubrica:

DELABIE	MODO OPERATÓRIO	Ref. Doc: MOG4_FS_V2
	Posto : VAZAMENTO	Data: 20-Fev-2013

C) ACTIVIDADES DE INÍCIO / INTERRUÇÃO / FIM DE CICLO DE PRODUÇÃO:

Início Produção

- 1 - Ligar Forno (passar do nível 2 para o 3).
- 2 - Ligar Coquilhadoras (dar início à mistura da dos tanques de grafite).
- 3 - Destapar e limpar forno à frente e atrás.
- 4 - Colocar Sonda de Leitura de Temperatura.
- 5 - Colocar 1 pastilha LOGAS atrás (Carregamento do forno). Colocar 1 pastilha LOGAS e 1 DEOX TUBES na frente do forno (Saída do Forno).
- 6 - Colocar ALBRAL atrás (Carregamento do forno).




Interrupção (Almoco)

- 1 - Desligar Coquilhadoras.
- 2 - Colocar forno no nível 3.
- 3 - Cobrir saída do forno (frente) com carvão.

Fim de Ciclo de Produção

- 1 - Desligar Coquilhadoras.
- 2 - Colocar forno no nível 2.
- 3 - Limpar forno.
- 4 - Cobrir saída do forno (frente) e carregamento forno (atrás) com carvão.
- 5 - Limpar canais do forno (1 vez por semana)

Data: / /	Resp. EMISSÃO	Data: / /	Resp. VERIFICAÇÃO	Data: / /	Resp. APROVAÇÃO
	Nome: Gilberto Gaspáres Rubrica:		Nome: Frederico Coelho Rubrica:		Nome: Frederico Coelho Rubrica:

DELABIE	MODO OPERATÓRIO	Ref. Doc: MOG4_FS_V2
	Posto : VAZAMENTO	Data: 20-Fev-2013

D) COMANDO DA COQUILHADORA:



Legenda de Botoneiras:

Bomba Hidráulica - Acende-se quando a bomba hidráulica está ligada;
Comando Ativos - Acende-se quando existe tensão na rede;
Ciclo Automático - mesma função que o pedal;
Marcha - Botão de arranque da bomba;
Rodar Coquilha - rodar as coquilhas segundo o seu eixo nos sentidos indicados para se fazer a sua limpeza;
Abrir Coquilha - Abre a coquilha;
Limpeza Coquilha - Coloca a coquilha na posição de limpeza;
Emergência STOP - Botão de paragem de emergência; para todos os movimentos da máquina quando atuado.

PEDAL é utilizado nas seguintes situações:

- Inicialmente, quando se liga a máquina atua-se no pedal para testar a fotocélula;
- Para fechar a coquilha;
- Para iniciar a rotação quando se vaza;
- Para iniciar a fase do banho de grafite.

AVISO: Se o pedal for atuado antes das coquilhas entrarem no banho, essa etapa é anulada e passa-se à fase seguinte

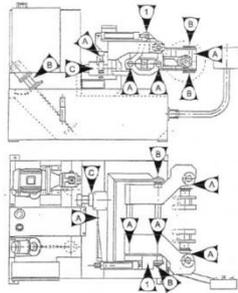
6 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Data: / /	Resp. EMISSÃO	Data: / /	Resp. VERIFICAÇÃO	Data: / /	Resp. APROVAÇÃO
	Nome: Gilberto Gaspáres Rubrica:		Nome: Frederico Coelho Rubrica:		Nome: Frederico Coelho Rubrica:

DELABIE	MODO OPERATÓRIO		Ref. Doc:	MOG4_FS_V2
	Posto :	VAZAMENTO	Data:	20-Fev-2013

Proceda aos trabalhos de manutenção e lubrificação na máquina regularmente e com todo o cuidado para que esta funcione sempre de modo seguro sem avarias.

- ✓ Limpar a máquina nas zonas indicadas, após período de produção e mudança de série;
- ✓ Colocar massa BP HTG2 (Energrease) nos pontos assinalados na figura;



Legenda:
 A - Colocar massa 2 vezes por semana.
 B - Colocar massa 1 vez por semana.
 C - Colocar massa 1 vez por mês.
 1 - Colocar óleo lubrificante em todas as rotulas dos hidráulicos.

- ✓ Nas primeiras 300 horas de trabalho, deve ser mudado o óleo e substituído o filtro. O período para substituição do óleo passa para cada 2000 horas de trabalho.
- ✓ Controlar mensalmente que o manómetro do filtro de descarga não indique uma pressão superior a 1,5 bar, em qualquer caso substituir o cartucho do filtro se não estiver em condições.
- ✓ Controlar mensalmente o estado dos tubos hidráulicos e respetivas ligações para prevenir eventuais roturas.
- ✓ Controlar mensalmente o estado das flanges.
- ✓ Controlar mensalmente o estado dos cabos elétricos, para que não se verifiquem tensões ou compressões anormais.
- ✓ Trimestralmente deve ser substituído o filtro do óleo.

AVISO: Devido aos riscos de incêndio os óleos hidráulicos utilizados nesta máquina tem características próprias. Utilize sempre os óleos recomendados pelo fabricante.

7 HIGIENE & SEGURANCA

Data	Resp. EMISSÃO	Data	Resp. VERIFICAÇÃO	Data	Resp. APROVAÇÃO
/ /	Nome: Gilberto Gonçalves Rubrica:	/ /	Nome: Frederico Coelho Rubrica:	/ /	Nome: Frederico Coelho Rubrica:

DELABIE	MODO OPERATÓRIO		Ref. Doc:	MOG4_FS_V2
	Posto :	VAZAMENTO	Data:	20-Fev-2013

7-1 Equipamentos de Proteção Individual (E.P.I.):

- Óculos com proteção lateral.
- Luvas contra queimaduras.
- Vestuário protetor (Bata contra queimaduras).
- Sapatos de segurança.

7-2 Equipamentos Importantes para a Segurança (E.I.S.):

- Chuveiro de segurança.

7-3 Primeiros socorros:

- Manipulação da grafite GRAFICOL 85:
Em caso de contacto com os olhos e pele, lavar com água corrente.

7-4 Medidas de combate a incêndio:

8 LIMPEZA DO POSTO DE TRABALHO

Em cada mudança de série:

- Limpar a coquilhas na máquina prevista para o efeito e coloca-la no armazém das ferramentas (fazer entrada).

No fim de cada dia de utilização:

- Limpar toda a coquilhadora.
- Executar a manutenção preventiva.
- Limpar e varrer o posto de trabalho.
- Despejar resíduos e embalagens nos contentores apropriados para recolha.
- Tratar das peças Não Conforme.

9 RECICLAGEM / TRATAMENTO DOS RESIDUOS

- Grafite GRAFICOL 85: Não há cuidados especiais, pode ser tratado juntamente com os resíduos domésticos.
- Peças não conformes: A reciclagem e eliminação da mistura devem ser realizadas por uma empresa de gestão de resíduos autorizados.

10 MANUSEAMENTO E ARMAZENAMENTO E CONDICÕES ESPECIAIS

Data	Resp. EMISSÃO	Data	Resp. VERIFICAÇÃO	Data	Resp. APROVAÇÃO
/ /	Nome: Gilberto Gonçalves Rubrica:	/ /	Nome: Frederico Coelho Rubrica:	/ /	Nome: Frederico Coelho Rubrica:

DELABIE	MODO OPERATÓRIO		Ref. Doc:	MOG4_FS_V2
	Posto :	VAZAMENTO	Data:	20-Fev-2013

- Grafite GRAFICOL 85:
Acondicionar em lugar seco e arejado, ao abrigo da humidade.

Os produtos devem ser manuseados com luvas de proteção, não entrando em contacto com a pele.

Data	Resp. EMISSÃO	Data	Resp. VERIFICAÇÃO	Data	Resp. APROVAÇÃO
/ /	Nome: Gilberto Gonçalves Rubrica:	/ /	Nome: Frederico Coelho Rubrica:	/ /	Nome: Frederico Coelho Rubrica:

MOG- PT Manutenção e Armazenamento de Ferramentas

DELABIE	MODO OPERATORIO	Ref. Doc:	MOG-F6-LC_V1
	Posto : LIMPEZA DAS COQUILHAS	Data:	28-Fev-2013
1 OPERADOR			
1-1 Formação: Ver tabela de competências.			
1-2 Condições especiais: Exige um porte de carga superior à 15 kg.			
2 POSTO DE TRABALHO / MAQUINA			
- Máquina de Limpeza: LCO-001 - Escovas circulares: ESC-007 ; - Pistola de ar comprimido: PI5-009 - Mesa de trabalho/controlo: MES-011			
			
3 FERRAMENTAS			
3-1 Produção: - Coquilhas DELABIE por referência; - Caixas de Machos por Referência; - Escova manual em latão.			
3-2 Controlo:			
4 MATÉRIA-PRIMA			
- Granalha de vidro 149/250; Embalagens de 25 kg.			
Data	Resp. EMISSÃO	Data	Resp. VERIFICAÇÃO
//__	Nome: Gilberto Gonçalves Rubrica:	_/_/__	Nome: Frederico Coelho Rubrica:
Data	Resp. APROVAÇÃO	Data	Resp. APROVAÇÃO
//__	Nome: Frederico Coelho Rubrica:	_/_/__	Nome: Frederico Coelho Rubrica:

DELABIE	MODO OPERATORIO	Ref. Doc:	MOG-F6-LC_V1
	Posto : LIMPEZA DAS COQUILHAS	Data:	28-Fev-2013
5 PLANOS E PROCEDIMENTOS DE TRABALHO			
1- Transportar coquilhas para a máquina de limpeza com o carrinho. 2- Abrir porta da máquina. 3- Colocar coquilhas no prato da máquina e fechar porta. 4- Ligar máquina no botão verde. 5- Introduzir braços nas luvas de manuseio. 6- Pegar na pistola de granalha. 7- Projetar granalha contra a superfície da coquilha/ caixa de machos. 8- Após limpeza desligar equipamento (Botão Vermelho). 9- Retirar coquilha/caixa de machos e armazenar no lugar respetivo (Segundo referência.)			
6 MANUTENCAO PREVENTIVA			
7 HIGIENE & SEGURANCA			
7-1 Equipamentos de Proteção Individual (E.P.I.): - Óculos com proteção lateral. - Luvas. - Vestuário protetor (Bata). - Sapatos de segurança. - Mascara.			
7-2 Equipamentos Importantes para a Segurança (E.I.S.): - Chuveiro de segurança.			
7-3 Primeiros socorros: - Manipulação da granalha de vidro 149/250; - Manipulação da Tinta de proteção das coquilhas;			
7-4 Medidas de combate a incendio: - Manipulação da granalha de vidro 149/250; - Manipulação da Tinta de proteção das coquilhas;			
Data	Resp. EMISSÃO	Data	Resp. VERIFICAÇÃO
//__	Nome: Gilberto Gonçalves Rubrica:	_/_/__	Nome: Frederico Coelho Rubrica:
Data	Resp. APROVAÇÃO	Data	Resp. APROVAÇÃO
//__	Nome: Frederico Coelho Rubrica:	_/_/__	Nome: Frederico Coelho Rubrica:

DELABIE	MODO OPERATORIO	Ref. Doc:	MOG-F6-LC_V1
	Posto : LIMPEZA DAS COQUILHAS	Data:	28-Fev-2013
8 LIMPEZA DO POSTO DE TRABALHO			
No fim de cada dia de utilização: - Limpar toda a máquina. - Executar a manutenção preventiva. - Limpar e varrer posto de trabalho. - Despejar resíduos e embalagens nos contentores apropriados para recolha.			
9 RECICLAGEM / TRATAMENTO DOS RESIDUOS			
- Manipulação da granalha de vidro 149/250; - Manipulação da Tinta de proteção das coquilhas;			
10 MANUSEAMENTO E ARMAZENAMENTO E CONDIÇÕES ESPECIAIS			
- Manipulação da granalha de vidro 149/250; - Manipulação da Tinta de proteção das coquilhas;			
Data	Resp. EMISSÃO	Data	Resp. VERIFICAÇÃO
//__	Nome: Gilberto Gonçalves Rubrica:	_/_/__	Nome: Frederico Coelho Rubrica:
Data	Resp. APROVAÇÃO	Data	Resp. APROVAÇÃO
//__	Nome: Frederico Coelho Rubrica:	_/_/__	Nome: Frederico Coelho Rubrica:

Anexo IV – Identificação de Problemas

Durante a análise realizada ao sistema produtivo foram identificados vários problemas sintetizados e agrupados de acordo com o domínio do problema e posto de trabalho observado.

Ver Tabela 38.

Tabela 38 – Síntese dos problemas encontrados

		Problema
Organização da Produção	SETUPS	<ul style="list-style-type: none"> Falta de documentação, documentação inadequada; Execução das operações incorreta e não uniformizada; Inexistência de Polivalência na execução de operações de <i>setup</i>; Ocupação de Vazador em atividades externas ao PT-VA; Não existe antecipação da montagem da nova ferramenta, aumentando o tempo de SETUP.
	Perturbações	<ul style="list-style-type: none"> Elevado número de perturbações (tempo gasto, não conformidades); Não Produção de um produto para por falta de materiais; Abastecimento de material desorganizado (não chegam todos ao mesmo tempo).
	Ocupação posto de vazamento	<ul style="list-style-type: none"> Elevada percentagem de ocupação em Setup's e Perturbações; Elevada ocorrência de testes; Não há medição nem controlo das várias medidas de desempenho; Tempo normalizado é diferente do tempo estipulado pela empresa.
	Fluxos de Abastecimento	<ul style="list-style-type: none"> Inadequação de meios de transporte; Inexistência de procedimentos uniformizados.
	Documentos do Posto	<ul style="list-style-type: none"> Insuficiente documentação de apoio à organização da produção.
Espaço e estrutura de posto de Trabalho	Posto de Carregamento	<ul style="list-style-type: none"> Carro transporte lingote inadequado (Reduzida capacidade); Falta de segurança na camara de carregamento; Inexistência de estrutura protetora do forno; Inexistência de documentação e sinalização do espaço; Grande esforço de transporte entre PT (peso dos materiais e distâncias elevadas).

	Posto Vazamento	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamentos e estruturas obsoletos; • Situações de não ergonomia; • Incorreta localização dos equipamentos; • Estrutura de <i>Racks</i> não funcional; • Piso do posto inadequado; • Situações de Insegurança; • Desarrumação e desorganização das ferramentas e utensílios; • Falta de documentação; • Falta de estruturas de (preparar colheres, colocar peças não conformes; posicionamento peças na vertical, troca de ferramentas) • Sistema de extração de gases e fumos inadequado; • Operadores insatisfeitos por não conseguirem alcançar
	Posto de Manutenção e Armazém Ferramentas	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de documentação; • Desorganização do armazém de ferramentas; • Inexistência de Estrutura de Posicionamento das ferramentas; • Não identificação das ferramentas; • Utensílios inadequados;
Sistemas e Procedimentos de Controlo	Posto de Carregamento	<ul style="list-style-type: none"> • Não registo de valores de alumínio na análise química; • Procedimento de análise química inexistente; • Gama de valores dos elementos de liga, não adaptada às necessidades da empresa; • Inexistência de controlo da carga adicionada ao forno (Proporções e Frequência); • Inexistência de documentação de qualquer tipo (procedimentos de trabalho, componentes, ferramentas)
	Posto Vazamento	<ul style="list-style-type: none"> • Não controlo e registo de parâmetros de programação da coquilhadora (Posicionamento, inclinação, velocidade de rotação, tempos de banho e abertura coquilha); • Desfasamento de temperaturas registadas no Controlo de temperatura do banho; • Inexistência de procedimento de monitorização térmica de coquilha; • Não controlo de banhos de grafite (Densidade, manutenção); • Não controlo de forma e perfil colher de vazamento; • Não registo de parâmetros de limpeza de coquilha em produção (tipo, frequência e tempos) • Inexistência de procedimentos de controlo e monitorização dos parâmetros na execução de testes.
	Posto de Manutenção e Armazém Ferramentas	<ul style="list-style-type: none"> • Controlo e registo de modificações nas ferramentas; • Controlo de saídas e entradas de ferramentas; • Controlo de estado das ferramentas antes e após produção.

Anexo V – Propostas de Ações de Melhoria

Neste anexo são apresentadas algumas propostas para solucionar os problemas identificados. O plano de ações apresentado na Tabela 39 segue a técnica 5W2H identificando a proposta, o problema, como são implementadas as propostas, o responsável pela sua implementação, onde e quando.

Tabela 39 – Plano de ações

	<i>What</i>	<i>Why</i>	<i>How</i>	<i>Who</i>	<i>Where</i>	<i>When</i>
Organização da Produção	Modificação dos procedimentos e fluxos de abastecimento	Atividades de <i>Setup</i> , Perturbações e problemas de abastecimento que afetam produção.	Modificação de atividades e sequência de produção.	Gilberto Gonçalves; Frederico Coelho; Giles Gourgoulon	Posto de Carregamento; Posto de vazamento.	Junho a Julho 2013
	<i>Definição Matriz de competências /atividades por tipo</i>	Indefinição entre operadores de responsabilidades e competências nas Atividades; Inadequação do planeamento inicial; elevadas perdas de	Reuniões de esclarecimento, criação de documentos de atividades do posto; Formação Interna.	Gilberto Gonçalves; Frederico Coelho; Giles Gourgoulon Giles Gourgoulon	Postos Carregamento; Vazamento; Manutenção e Armazém Ferramentas	Junho a Julho 2013
	Polivalência em operações de <i>setup</i>	Dependência de responsável fundição	Formação dos operadores de vazamento;	Frederico Coelho; José Carlos Ramoa	Postos Carregamento; Vazamento.	Maió a Julho 2013
	Estabelecimento de critérios de produtividade e	Variação da produtividade	Estabelecimento de objetivos para a produtividade	Gilberto Gonçalves; Frederico Coelho; Giles Gourgoulon	Posto de Vazamento	Junho a Julho 2013
	Elaboração “Modo Operatório Geral” e documentação	Operações no posto de trabalho não uniformizadas	Levantamento dos equipamentos e procedimentos realizados.	Gilberto Gonçalves; Frederico Coelho; Giles Gourgoulon	Postos Carregamento; Vazamento; Manutenção e Armazém Ferramentas.	Fevereiro a Julho 2013

	Elaboração “Modo Operatório Específico” e documentação	Referências apresentam parâmetros e atividades específicas de produção	Estudo e elaboração de base de dados para produção das diferentes referências	Gilberto Gonçalves José Carlos Ramoa	Posto Vazamento	Fevereiro a Julho 2013
	BOM; Documentos de identificação / sinalizadores	Inexistência de documentação de apoio nos postos	Criação de documentos	Gilberto Gonçalves	Postos Carregamento; Vazamento; Manutenção e Armazém Ferramentas	Maior a Julho 2013
Espaço e estrutura de posto de Trabalho	Reconfiguração dos postos de trabalho	Não eficiência do posto	Nova bancada de trabalho; Modificação da localização de estruturas e equipamentos	Gilberto Gonçalves; Frederico Coelho; Giles Gourgoulon	Postos Carregamento; Vazamento; Manutenção e Armazém Ferramentas	Maior a Julho 2013
	Quadro de registo e afixação de documentos de controlo	Falta de documentação e não registo de parâmetros do posto	Compra de quadro, e elaboração de documentação	Gilberto Gonçalves; Frederico Coelho; Giles Gourgoulon	Posto de carregamento, vazamento e manutenção de	Maior 2013
	Camara de Carregamento e saída do forno	Insegurança no carregamento do forno, exposição e insegurança dos vazadores	Projeção de estrutura protetora das camaras do forno	Frederico Coelho	Posto de carregamento; vazamento	Março a Junho de 2013
	Porta paletes novo	Mesa transporte lingote e gitos inadequada	Compra de novo material	Gilberto Gonçalves; Frederico Coelho; Giles Gourgoulon	Posto de carregamento	Junho de 2013
	Piso de posto de vazamento	Piso inadequado (Madeira), possível causar acidentes.	Substituição piso metálico	Frederico Coelho	Posto de vazamento	Março de 2013
	Novo sistema de extração gases	Tubagens danificadas, ineficiente ligação da extração de fumos e gases	Substituição do sistema de extração, e adaptação as novas estruturas de deposição de peças.	Gilberto Gonçalves; Frederico Coelho; Giles Gourgoulon	Posto de vazamento	Julho de 2013
	Remodelação Estrutura de colocação de peças e recolha de machos	Posicionamento e distribuição de zonas na estrutura inadequada	Idealização de uma nova bancada de trabalho	Gilberto Gonçalves; Frederico Coelho; Giles Gourgoulon	Posto de vazamento	Maior de 2013

	Nova bolsa de arrumo ferramentas trabalho	Desorganização e mistura de ferramentas entre operários	Compra de bolsa arrumo ferramentas	Frederico Coelho	Posto de vazamento	Junho de 2013
	Estruturas de apoio	Inexistência de estruturas (preparar colheres, posicionamento peças na vertical, troca de ferramentas)	Projeção de novas estruturas	Gilberto Gonçalves; Frederico Coelho; Giles Gourgoulon	Posto de vazamento	Maio a Julho 2013
	Carro de transporte peças modificados	Obsoletos e não identificados	Colocação de fitas e marcas identificativas	Frederico Coelho; Giles	Posto de vazamento	Maio de 2013
	Sistema identificação de ferramentas no armazém	Desorganização do armazém de ferramentas (coquilhas caixa de machos)	Criação de esquema de posicionamento e identificação das ferramentas nas estantes de armazém	Gilberto Gonçalves;	Posto Manutenção e Armazém Ferramentas	Fevereiro de 2013
<i>Sistemas e Procedimentos de Controlo d Material</i>	Identificação da matéria-prima.	Paletes de lingotes e gitos não identificados no posto de carregamento	Criação de papeis identificativos das cargas no posto	Gilberto Gonçalves	Postos Carregamento;	Junho 2013
	Controlo de carregamento do forno	Controlo das quantidades e proporções e frequência de carregamento do forno	Criação de folha de cálculo, definição das proporções, documentos de registo de carregamento	Gilberto Gonçalves;	Postos Carregamento;	Junho 2013
	Controlo das análises Químicas	Gama não adaptada às necessidades, não identificação de alumínio	Alteração de gamas de controlo, estabelecimento de parceria com AFICA, estudo metalográfico.	Frederico Coelho; Gilberto Gonçalves	Postos Carregamento	Junho a Julho de 2013
	Normalização da temperatura do banho do forno	Variação do parâmetro segundo critérios do operador	Identificação da temperatura ideal de trabalho	Frederico Coelho; Giles Gourgoulon	Posto de vazamento	Fevereiro 2013
	Controlo dos aditivos adicionados ao banho do forno	Atividade não uniforme,	Elaboração de modo operatório,	Gilberto Gonçalves	Posto de vazamento	Maio 2013

Controlo de programação máquina	Atividade sem registo das informações de produção de cada referência (critério do operário)	Elaboração de documentos modo operatório específico de cada referência	Gilberto Gonçalves José Carlos.	Posto de vazamento	Maio a Julho de 2013
Controlo a manutenção máquinas	Atividade sem registo da manutenção e trabalhos realizados.	Elaboração de documentos de planeamento de manutenção de equipamentos.	Gilberto Gonçalves	Posto de vazamento	Junho de 2013
Controlo banhos de grafite	Atividade sem registo dos valores de densidade do banho, quantidade adicionada.	Elaboração de documentos de controlo, análise do banho grafite.	Gilberto Gonçalves	Posto de vazamento	Junho a Julho de 2013
Controlo perfil colheres de vazamento	Não existência de perfil normalizado da colher de vazamento	Construção de perfil normalizado, para retificação de colheres	Gilberto Gonçalves; José Ramoa; Frederico Coelho	Posto de vazamento	Maio a Julho de 2013
Controlo qualidade/defeitos peças na fundição	Atividade sem registo das informações de produção de cada referência.	Elaboração de documentos modo operatório específico de cada referência	Gilberto Gonçalves José Carlos Frederico Coelho	Posto de vazamento	Maio a Julho de 2013
Monitorização e registo de parâmetros na realização dos testes	Não existência de histórico e relatórios de análise dos testes executados em	Elaboração de documentos de teste e registo de parâmetros monitorizados no teste.	Gilberto Gonçalves	Posto de vazamento	Maio a Julho de 2013

Anexo VI – Diagrama de Sequência de Ciclo de Produção do PT Vazamento de Peças

Para criar os diagramas de sequência normalizada de operações, definiram-se as sequências de operações que devem ser realizadas para produzir cada artigo. As operações definidas correspondem à forma melhor, mais segura e com menos desperdícios de executar a produção dos vários artigos. Esta sequência foi definida em conjunto com o responsáveis da unidade DELABIE, que após algumas discussões e partilha de informação, foi possível chegar a um consenso.

Com base numa amostragem de tempos, determinou-se a duração de cada atividade.

Diagrama de Sequência Executante de Análise inicial ao PT Vazamento de Peças

Diagrama de Sequência Executante / Material/ Equipamento								
Diagrama nº: 1	Folha nº: 1	Resumo						
PT: Posto de Vazamento- VP		Atividades	Atual	Proposto	Ganho			
Referência Produto: MB700B		Operação 	6					
		Transporte 	3					
Atividade: Ciclo de Vazamento de Peças		Controlo 	1					
		Espera 	1					
		Armazenagem 	1					
		Total						
Operadores: José Carlos		Distância (m)	8					
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)	45					
Diagrama por: Gilberto Gonçalves		Custo						
Data: 20-03-2013		Mão-de-obra						
Aprovado por:		Material						
Data:		Total						
Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
								
1. Pegar Machos Caixa Mesa Trabalho.	2	5						
2. Colocar machos na coquilha		4						
3. Passar jato de ar na coquilha		3						
4. Acionar Pedal Fecho Coquilha		0,5						
5. Buscar colher com matéria fundida	2	8						
6. Fazer Sequência Vazamento		4						
7. Recolocar Colher e matéria	2	4						
8. Solidificação da Peça		4						
9. Retirar peça da coquilha com a pinça		5						
10. Ativar Pedal Banho Grafite Coquilha		0,5						
10. Controlo visual da peça		4						
11. Colocar peça na estrutura peças produzidas.	2	3						

Figura 119 – Diagrama DE Sequência Executante do PT Vazamento inicial.

Deste diagrama resulta o tempo de ciclo do produto, através da soma dos tempos das atividades, que corresponde a cerca de **45 segundos**.

Diagrama de Sequência Executante Otimizado do PT Vazamento de Peças

Após modificações no Posto de Trabalho Vazamento de Peças, foram implementadas alterações no Diagrama de Sequência do Ciclo de Trabalho.

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento								
Diagrama nº: 2	Folha nº: 2	Resumo						
PT: Posto de Vazamento- VP		Atividades	Atual	Proposto	Ganho			
Referência Produto: MB700B		Operação	6					
		Transporte	3					
Atividade: Ciclo de Vazamento de Peças		Controlo	1					
		Espera	1					
		Armazenagem	0					
		Total						
Operadores: José Carlos		Distância (m)	4					
Método: Atual / Proposto		Tempo (s)	37					
Diagrama por: Gilberto Gonçalves		Custo						
Data: 15-05-2013		Mão-de-obra						
Aprovado por:		Material						
Data:		Total						
Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
			○	⇒	□	◻	▽	
1. Pousar Peça e Pegar Machos Caixa Mesa Trabalho.	2	5						
2. Colocar machos na coquilha		4						
3. Passar jato de ar na coquilha		3						
4. Acionar Pedal Fecho Coquilha		0,5						
5. Buscar colher com matéria fundida	1	6						
6. Fazer Sequência Vazamento		4						
7. Recolocar Colher e matéria	1	3						
8. Solidificação da Peça		4						
9. Retirar peça da coquilha com a pinça		3						
10. Ativar Pedal Banho Grafite Coquilha		0,5						
10. Controlo visual da peça		4						
11. Colocar peça na estrutura peças produzidas (Eliminada)	2	5						

Figura 120 - Diagrama DE Sequência Executante do PT Vazamento após modificações.

Anexo VII – Estudo de Ocupação do Posto de Vazamento

O estudo de Ocupação do Posto de Vazamento foi iniciado com a observação dos vários tipos de atividades que os operadores executavam normalmente no seu dia de trabalho. Com esta observação, decidiu-se que as atividades a considerar seriam:

- Produção Útil;
- Setup's;
- Perturbações;
- Ajudar o colega;
- Testes Especiais;

Como no Posto de Vazamento trabalham 3 operadores, foi necessário fazer observações separadamente para os 3. Para fazer a distinção entre as pessoas atribuíram-se as letras **a**, **b** e **c** a cada um. Na é apresentada a amostragem da monitorização realizada.

Análise Inicial

Tabela 40 – Tempos de ocupação dos vazadores no posto de Vazamento durante o turno.

Vazador a							
Obs.	Data Turno	Produção Útil	Setup	Perturbação	Testes Especiais	Ajudar Colega	
1	04-03-2013	5:40:00	0:00:00	2:20:00	0:00:00	0:00:00	8:00:00
2	05-03-2013	5:25:00	0:35:00	2:00:00	0:00:00	0:00:00	8:00:00
3	06-03-2013	5:50:00	0:30:00	1:40:00	0:00:00	0:00:00	8:00:00
	Média:	5:38:20	0:21:40	2:00:00	0:00:00	0:00:00	8:00:00

Vazador b							
Obs.	Data Turno	Produção Útil	Setup	Perturbação	Testes Especiais	Ajudar Colega	
1	04-03-2013	5:50:00	0:40:00	1:30:00	0:00:00	0:00:00	8:00:00
2	05-03-2013	5:00:00	0:30:00	2:30:00	0:00:00	0:00:00	8:00:00
3	06-03-2013	5:30:00	0:00:00	2:30:00	0:00:00	0:00:00	8:00:00
	Média:	5:26:40	0:23:20	2:10:00	0:00:00	0:00:00	8:00:00

Vazador c							
Obs.	Data Turno	Produção Útil	Setup	Perturbação	Testes Especiais	Ajudar Colega	
1	04-03-2013	2:45:00	0:40:00	2:00:00	1:35:00	1:00:00	8:00:00
2	05-03-2013	4:00:00	1:05:00	2:30:00	0:00:00	0:25:00	8:00:00
3	06-03-2013	2:15:00	1:00:00	2:30:00	1:45:00	0:30:00	8:00:00
	Média:	3:00:00	0:55:00	2:20:00	1:06:40	0:38:20	8:00:00

Como se pode constatar os tempos de ocupação entre os vazadores variam, sendo a principal diferença registada no vazador c, que corresponde ao vazador formador, que realiza atividades de apoio aos outros vazadores, testes especiais executando também todas as atividades de *setup*.

Na Tabela 41, é apresentado o resumo das atividades dos vazadores, no desenrolar de um turno de trabalho.

Tabela 41 - Resultados médios de ocupação posto vazamento por turno.

Situação do Posto	Tempo (hh:mm:ss)	Percentagem
Produção Útil	4:41:40	58%
Setup	0:33:20	7%
Perturbação	2:10:00	27%
Testes Especiais	0:22:13	5%
Ajudar Colega	0:12:47	3%
Total Turno	8:00:00	100%

Análise Após Implementação de Ações de Melhoria

Tabela 42 – Tempos de ocupação dos vazadores no posto de Vazamento durante o turno.

Vazador a							
Obs.	Data Turno	Produção Útil	Setup	Perturbação	Testes Especiais	Ajudar Colega	Total
1	11-06-2013	6:40:00	0:00:00	1:20:00	0:00:00	0:00:00	8:00:00
2	12-06-2013	6:37:00	0:23:00	1:00:00	0:00:00	0:00:00	8:00:00
3	13-06-2013	5:55:00	0:25:00	1:40:00	0:00:00	0:00:00	8:00:00
	Média:	6:24:00	0:16:00	1:20:00	0:00:00	0:00:00	8:00:00

Vazador b							
Obs.	Data Turno	Produção Útil	Setup	Perturbação	Testes Especiais	Ajudar Colega	Total
1	11-06-2013	6:07:00	0:23:00	1:30:00	0:00:00	0:00:00	8:00:00
2	12-06-2013	6:38:00	0:22:00	1:00:00	0:00:00	0:00:00	8:00:00
3	13-06-2013	6:40:00	0:00:00	1:20:00	0:00:00	0:00:00	8:00:00
	Média:	6:28:20	0:15:00	1:16:40	0:00:00	0:00:00	8:00:00

Vazador c							
Obs.	Data Turno	Produção Útil	Setup	Perturbação	Testes Especiais	Ajudar Colega	Total
1	11-06-2013	3:08:00	0:22:00	2:00:00	1:30:00	1:00:00	8:00:00
2	12-06-2013	4:40:00	0:25:00	1:30:00	1:00:00	0:25:00	8:00:00
3	13-06-2013	3:42:00	0:23:00	1:40:00	1:45:00	0:30:00	8:00:00
	Média:	3:50:00	0:23:20	1:43:20	1:25:00	0:38:20	8:00:00

Tabela 43 – Resultados médios de ocupação posto vazamento por turno.

Situação do Posto	Tempo (hh:mm:ss)	Percentagem
Produção Útil	4:41:40	58%
Setup	0:33:20	7%
Perturbação	2:10:00	27%
Testes Especiais	0:22:13	5%
Ajudar Colega	0:12:47	3%
Total Turno	8:00:00	100%

Anexo VIII – Controlo de Análise Química do Latão

Neste anexo são apresentados os dados das análises realizadas na DELABIE e AFICA.

Análise Inicial

Os dados de cargas adicionadas ao forno são apresentados na Tabela 39.

Tabela 44 – Carregamentos do forno durante no período de estudo químico do latão.

	19 Abril	22 Abril	23 Abril	24 Abril	29 Abril	30 Abril	2 Maio	3 Maio
Lingote CB752S (DZR) [kg]	192	353	0	0	0	0	0	0
Lingote CB754S [kg]	330	794	1102	1204	1162	1161	561	600
Gitos Prod. CB752S (DZR) [kg]	227	574	0	0	0	0	0	0
Gitos Prod. CB754S [kg]	0	0	615	390	456	0	681	517

Na Tabela 45 e Tabela 46, são apresentados os resultados das análises químicas realizadas na DELABIE e AFICA respetivamente.

Tabela 45 – Dados de análise química das amostras retiradas para o estudo da DELABIE (lingote, gitos, banho do forno).

Análise DELABIE LINGOTE																				
Comp.	CB7545		CB7525 (DZR)		19 Abril		22 Abril		23 Abril		24 Abril		29 Abril		30 Abril		2 Maio		3 Maio	
	% Min	% Max	% Min	% Max	1_DZR	1_CB754	1_DZR	1_CB754	1_DZR	1_CB754										
Cu	58	63	61,5	64,5	61,92	60,03	62,05	60,01	60,32	60,20	60,03	59,96	60,10	60,11						
Fe	0	0,7	0	0,3	0,13	0,12	0,13	0,14	0,13	0,14	0,13	0,13	0,12	0,13						
Ni	0	1	0	0,2	0,14	0,13	0,16	0,14	0,17	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14						
Pb	0	2,5	1,5	2,2	1,28	1,40	1,25	1,42	1,49	1,51	1,44	1,55	1,40	1,49						
Sn	0	1	0	0,3	0,26	0,21	0,25	0,20	0,21	0,19	0,17	0,23	0,21	0,21						
Zn	30,45	41,5	31,52	36,66	35,90	38,11	35,82	38,09	37,67	37,79	38,07	37,96	38,02	37,92						
Si	0	0,005	0	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
Mn	0	0,5	0	0,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00						
Al	0	0,8	0,3	0,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
Sb	-	-	0	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
As	-	-	0,04	0,14	0,37	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
TOTAL					100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00

Análise DELABIE GITOS																				
Comp.	CB7545		CB7525 (DZR)		19 Abril		22 Abril		23 Abril		24 Abril		29 Abril		30 Abril		2 Maio		3 Maio	
	% Min	% Max	% Min	% Max	1_DZR	1_CB754	1_DZR	1_CB754	1_DZR	1_CB754										
Cu	58	63	61,5	64,5	63,41	63,48	62,51	62,42	62,43	62,62	62,48	62,62	62,48							
Fe	0	0,7	0	0,3	0,15	0,14	0,16	0,14	0,15	0,16	0,15	0,16	0,15							
Ni	0	1	0	0,2	0,17	0,16	0,17	0,16	0,16	0,17	0,18	0,17	0,18							
Pb	0	2,5	1,5	2,2	1,54	1,58	1,60	1,61	1,59	1,58	1,62	1,58	1,62							
Sn	0	1	0	0,3	0,21	0,2804	0,26	0,24	0,26	0,23	0,27	0,23	0,27							
Zn	30,45	41,5	31,52	36,66	34,37	34,22	35,15	35,4	35,41	35,25	35,30	35,25	35,30							
Si	0	0,005	0	0,02	0,00	0	0,00	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00							
Mn	0	0,5	0	0,1	0,00	0	0,00	0,03	0	0,00	0,00	0,00	0,00							
Al	0	0,8	0,3	0,7	0,00	0	0,00	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00							
Sb	-	-	0	0,02	0,00	0	0,00	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00							
As	-	-	0,04	0,14	0,15	0,14	0,15	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00							
TOTAL					100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	

Análise DELABIE FORNO																				
Comp.	CB7545		CB7525 (DZR)		19 Abril		22 Abril		23 Abril		24 Abril		29 Abril		30 Abril		2 Maio		3 Maio	
	% Min	% Max	% Min	% Max	Result %															
Cu	58	63	61,5	64,5	63,01	62,98	62,24	62,02	62,03	61,15	62,50	62,78								
Fe	0	0,7	0	0,3	0,13	0,14	0,14	0,15	0,14	0,15	0,13	0,14								
Ni	0	1	0	0,2	0,15	0,16	0,15	0,17	0,16	0,17	0,16	0,16								
Pb	0	2,5	1,5	2,2	1,38	1,56	1,53	1,44	1,46	1,58	1,57	1,45								
Sn	0	1	0	0,3	0,24	0,26	0,29	0,24	0,26	0,23	0,25	0,26								
Zn	30,45	41,5	31,52	36,66	34,89	34,75	35,51	35,98	35,95	36,72	35,39	35,21								
Si	0	0,005	0	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00								
Mn	0	0,5	0	0,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00								
Al	0	0,8	0,3	0,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00								
Sb	-	-	0	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00								
As	-	-	0,04	0,14	0,20	0,15	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00								
TOTAL					100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00

Tabela 46 – Dados de análise química das amostras retiradas para o estudo da AFICA (lingote, gitos, banho do forno).

Análise AFICA LINGOTE				19 Abril		22 Abril		23 Abril		24 Abril		29 Abril		30 Abril		2 Maio		3 Maio		
Comp.	CB754S		CB752S (DZR)		1 DZR	1 CB754	1 DZR													
	% Min	% Max	% Min	% Max	Result %															
Cu	58	63	61,5	64,5	61,31	59,57	61,36	59,35	59,77	59,77	59,77	59,56	59,62	59,62	59,60	59,76	59,69	59,69	59,69	
Fe	0	0,7	0	0,3	0,14	0,13	0,15	0,14	0,13	0,13	0,13	0,12	0,13	0,13	0,14	0,12	0,14	0,14	0,14	
Ni	0	1	0	0,2	0,17	0,15	0,18	0,16	0,15	0,15	0,15	0,17	0,15	0,15	0,16	0,14	0,16	0,16	0,16	
Pb	0	2,5	1,5	2,2	1,51	1,44	1,47	1,49	1,51	1,51	1,51	1,43	1,44	1,44	1,47	1,42	1,42	1,42	1,42	
Sn	0	1	0	0,3	0,28	0,22	0,27	0,2	0,22	0,22	0,22	0,20	0,21	0,20	0,20	0,23	0,22	0,22	0,22	
Zn	30,45	41,5	31,52	36,66	35,69	37,88	35,70	38,1	37,59	37,59	37,59	37,91	37,83	37,83	37,80	37,73	37,63	37,63	37,63	
Si	0	0,005	0	0,02	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	
Mn	0	0,5	0	0,1	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	
Al	0	0,8	0,3	0,7	0,60	0,57	0,59	0,53	0,59	0,59	0,59	0,58	0,57	0,58	0,58	0,56	0,59	0,59	0,59	
Sb	-	-	0	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
As	-	-	0,04	0,14	0,28	0,02	0,25	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
TOTAL				100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Análise AFICA GITOS				19 Abril		22 Abril		23 Abril		24 Abril		29 Abril		30 Abril		2 Maio		3 Maio		
Comp.	CB754S		CB752S (DZR)		1 DZR	1 CB754	1 DZR													
	% Min	% Max	% Min	% Max	Result %															
Cu	58	63	61,5	64,5	62,71	62,75	61,95	61,72	61,82	61,78	61,78	61,69	61,78	61,78	61,78	61,78	61,69	61,69	61,69	
Fe	0	0,7	0	0,3	0,15	0,15	0,14	0,14	0,15	0,16	0,16	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15	
Ni	0	1	0	0,2	0,16	0,17	0,15	0,17	0,16	0,16	0,16	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	
Pb	0	2,5	1,5	2,2	1,60	1,59	1,58	1,57	1,59	1,54	1,54	1,56	1,54	1,54	1,54	1,54	1,56	1,56	1,56	
Sn	0	1	0	0,3	0,23	0,26	0,22	0,23	0,21	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	
Zn	30,45	41,5	31,52	36,66	34,54	34,42	35,32	35,62	35,47	35,58	35,61	35,62	35,62	35,62	35,58	35,61	35,61	35,61	35,61	
Si	0	0,005	0	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Mn	0	0,5	0	0,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Al	0	0,8	0,3	0,7	0,43	0,50	0,47	0,47	0,49	0,47	0,49	0,47	0,49	0,47	0,47	0,50	0,50	0,50	0,50	
Sb	-	-	0	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
As	-	-	0,04	0,14	0,13	0,12	0,12	0,03	0,06	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	
TOTAL				100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Análise AFICA FORNO				19 Abril/ Maio		22 Abril		23 Abril		24 Abril		29 Abril		30 Abril		2 Maio		3 Maio		
Comp.	CB754S		CB752S (DZR)		Result %															
	% Min	% Max	% Min	% Max	Result %															
Cu	58	63	61,5	64,5	61,98	62,10	61,77	61,10	61,05	60,36	61,88	61,94	61,94	61,94	61,94	61,94	61,94	61,94	61,94	
Fe	0	0,7	0	0,3	0,14	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	
Ni	0	1	0	0,2	0,17	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	
Pb	0	2,5	1,5	2,2	1,57	1,52	1,48	1,49	1,59	1,55	1,53	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	
Sn	0	1	0	0,3	0,24	0,26	0,26	0,25	0,26	0,25	0,25	0,26	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
Zn	30,45	41,5	31,52	36,66	35,23	35,24	35,60	36,27	36,23	37,03	35,49	35,44	35,44	35,44	35,44	35,44	35,44	35,44	35,44	
Si	0	0,005	0	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Mn	0	0,5	0	0,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Al	0	0,8	0,3	0,7	0,54	0,49	0,49	0,52	0,50	0,48	0,47	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	
Sb	-	-	0	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
As	-	-	0,04	0,14	0,10	0,11	0,08	0,05	0,04	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
TOTAL				100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Análise Após Implementação de Ações de Melhoria

Os dados de cargas adicionadas ao forno, após implementação de atividades de controlo são apresentados na Tabela 47.

Tabela 47 - Carregamentos do forno com atividades de controlo durante no período de estudo químico do latão.

	24 Julho	25 Julho	26 Julho	29 Julho	30 Julho
Lingote CB754S [kg]	1186	1299	1185	1203	1202
Gitos Prod. CB754S [kg]	477	350	470	490	485

Na Tabela 48, são apresentados os resultados das análises químicas realizadas na DELABIE após introdução de procedimentos de controlo.

Tabela 48 – Dados de análise química das amostras retiradas em controlo da DELABIE (banho do forno).

Análise DELABIE FORNO											
AMOSTRA FORNO	Mês: Abril/ Maio	CB754S		CB752S (DZR)		24 Julho	25 Julho	26 Julho	29 Julho	30 Julho	
	Comp.	% Min	% Max	% Min	% Max	Result %					
	Cu	Cobre	58	63	61,5	64,5	61,79	61,27	61,65	61,69	61,85
	Fe	Ferro	0	0,7	0	0,3	0,15	0,14	0,14	0,13	0,15
	Ni	Níquel	0	1	0	0,2	0,16	0,14	0,15	0,14	0,16
	Pb	Chumbo	0	2,5	1,5	2,2	1,51	1,49	1,52	1,54	1,51
	Sn	Estanho	0	1	0	0,3	0,22	0,23	0,18	0,22	0,21
	Zn	Zinco	30,45	41,5	31,52	36,66	36,17	36,73	36,36	36,28	36,12
	Si	Silício	0	0,005	0	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Mn	Manganês	0	0,5	0	0,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Al	Alumínio	0	0,8	0,3	0,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Sb	Antimónio	-	-	0	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	As	Arsénio	-	-	0,04	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL						100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	

Ficha Técnica Equipamento X-strata 920 - Oxford Instruments

X-Strata 920



The X-Strata 920 builds upon the solid foundations established by the CMI900 series. The new design includes:

- + New 100 watt X-ray tube is the most powerful tube available – 30% increase in precision at the same measurement/50% decrease in measurement time at the same precision.
- + Smaller X-ray spot size – Measure even smaller features in electronic components with the new 15 μ m collimator. Offers improved CCD camera and zoom stage and high precision Y Stage.
- + Distance Independent Measuring (DIM) – More flexibility to measure oddly shaped samples – sample surface can be measured anywhere within the DIM range 12.5-90mm (0.5"-3.5") with a total Z travel of 230mm (9"). Offers quick, precise sample alignment by manually adjusting the DIM knob or by using the Auto Laser Focus.
- + Auto Laser Focus – automatically finds the correct focal distance to improve the focusing process for DIM and improve system reproducibility. The standard laser focus is still available.
- + New Giant Sample Chamber – Large open chamber (580x510x230mm:23x20x9") is slotted for oversize samples and is easy to load and view from any direction
- + 3 Table Options – XY programmable (200x200mm or 12x8" travel)/XY manual (250x250mm or 10x10")/Fixed position ... plus, motorized Z axis as standard with 230mm (9") travel
- + Integrated PC and user interface.

Folha de Registo de Análise Química do Banho do Forno

				Data:	
ANALISE DE MATERIAL					
				Ref. Peça ou Nome Fornecedor	
<i>Atach a material analysis for each delivery</i>					
Item: Brass CuZn39Pb1Al-B= CB 754S					
Composition	Materia	% MINI	% MAXI	RESULT %	
Cu	Cobre	59,5	61		
Fe	Ferro	0,15	0,3		
Ni	Níquel	0,2	0,4		
Pb	Chumbo	1	2,5		
Sn	Estanho	0,1	0,3		
Zn	Zinco	30,45	41,5		
Si	Silício	0	0,05		
Mn	Manganês	0	0,5		
Al	Alumínio	0,5	0,6		

				Data:	
ANALISE DE MATERIAL					
				Ref. Peça ou Nome Fornecedor	
<i>Atach a material analysis for each delivery</i>					
Item: Brass CuZn39Pb1Al-B= CB752S (DZR)					
Composition	Materia	% MINI	% MAXI	RESULT %	
Cu	Cobre	61,5	62,2		
Al	Alumínio	0,5	0,7		
Fe	Ferro	0,1	0,3		
Ni	Níquel	0	0,2		
Pb	Chumbo	1,5	2,2		
Sb	Antimônio	0	0,02		
Zn	Zinco	31,52	36,66		
Si	Silício	0	0,02		
Mn	Manganês	0	0,1		
As	Arsênio	0,08	0,12		
Mn	Estanho	0,2	0,4		

Figura 121 - Representação de ficha registo analise Química do banho, retificada.

Anexo IX – Controlo de Grafitação das Coquilhas

Na Tabela 49, são apresentados os dados referentes à monitorização da densidade dos banhos de grafite, e das respetivas quantidades de grafite adicionadas aos banhos.

Tabela 49 – Dados registados na monitorização dos banhos de grafite.

		DIA 17 Junho	19 Junho	19 Junho	21 Junho	24 Junho	26 Junho	28 Junho	1 Julho	3 Julho	5 Julho	8 Julho	10 Julho	12 Julho	15 Julho	17 Julho	19 Julho	22 Julho	24 Julho	26 Julho		
Coq	Tina 1																					
	Reg. (g/cm ³)	1,088	1,084	1,082	1,082	1,079	1,078	1,078	1,077	1,073	1,069	1,069	1,065	1,063	1,063	1,068	1,067	1,066	1,066	1,073	1,071	
	Adicionado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	3	3	0	0
.1	Tina 2																					
	Reg. (g/cm ³)	1,085	1,083	1,081	1,081	1,078	1,076	1,076	1,075	1,074	1,072	1,071	1,068	1,065	1,071	1,07	1,068	1,067	1,067	1,075	1,074	
	Adicionado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3	0	0
Coq	Tina 1																					
	Reg. (g/cm ³)	1,055	1,073	1,071	1,072	1,068	1,064	1,064	1,068	1,061	1,073	1,074	1,072	1,069	1,069	1,067	1,064	1,069	1,07	1,062	1,073	
	Adicionado	9	0	0	0	0	3	0	0	6	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	6	0
.2	Tina 2																					
	Reg. (g/cm ³)	1,062	1,071	1,07	1,069	1,067	1,066	1,072	1,072	1,066	1,072	1,071	1,07	1,068	1,068	1,068	1,067	1,071	1,071	1,068	1,074	
	Adicionado	6	0	0	0	0	3	0	3	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Coq	Tina 1																					
	Reg. (g/cm ³)	1,094	1,091	1,089	1,088	1,087	1,084	1,084	1,079	1,076	1,072	1,068	1,069	1,066	1,073	1,072	1,071	1,071	1,071	1,069	1,067	
	Adicionado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
.3	Tina 2																					
	Reg. (g/cm ³)	1,092	1,09	1,088	1,084	1,084	1,083	1,083	1,08	1,079	1,075	1,071	1,07	1,069	1,068	1,068	1,066	1,072	1,073	1,07	1,069	
	Adicionado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0

Na Figura 123, é apresentada a folha de controlo utilizada na verificação de quantidade de grafite a acrescentar.



Controlo Banho Grafite

Tabela de Adição de Grafite (kg)

Densidade Registrada [g/cm ³]	Densidade do Banho de Grafite Pretendida g/cm ³						
	1,040	1,050	1,060	1,070	1,080	1,090	1,100
1,035	3	9	15	21	27	33	39
1,040	0	6	12	18	24	30	36
1,045		3	9	15	21	27	33
1,050		0	6	12	18	24	30
1,055			3	9	15	21	27
1,060			0	6	12	18	24
1,065				3	9	15	21
1,070				0	6	12	18
1,075					3	9	15
1,080					0	6	12
1,085						3	9
1,090						0	6
1,095							3
1,100							0

Capacidade de depósito (L):	300
Nº de depósitos:	6
Período Limpeza:	3 Meses
ρ água 20°C [g/cm ³]	1,0
ρ Graficol85 20°C [g/cm ³]	1,5

Procedimento:

1. Repor nível de água;
2. Aguardar período para mistura de banho;
3. Retirar amostra do banho na zona de mergulho da coquilha;
4. Analisar com o densímetro o valor de densidade na amostra;
5. Com o valor de densidade registado, fazer corresponder na tabela com o valor de densidade pretendido para o banho (**1,070 g/cm³**).
6. Adicionar ao banho o peso de grafite indicado.
7. Verificar se é necessário troca de banho

Figura 123 - Representação de folha de Controlo Banho Grafite afixada no PT.

Anexo X – Definição Matriz de Competências

Devido à indefinição entre operadores de responsabilidades e competências nas atividades a executar; resultantes de uma inadequação do planeamento inicial, foi decidido rever as competências e atividades delegadas aos colaboradores segundo o seu cargo na empresa.

Desta forma, realizaram-se reuniões para debater as atividades executadas nos postos de trabalho em análise, e a sua respetiva associação. De referir que este debate teve a participação de representantes do posto, sendo a sua opinião tida em conta. Destas reuniões resultaram, documentos que fixam de forma clara as responsabilidades e competências que cada colaborador tem na empresa, impedindo assim situações de indefinição e atribuição de responsabilidades a outros colaboradores.

Sendo diferenciado os seguintes cargos, “Chefe de Equipa”, “Vazador Formador” e “Vazador”, criaram-se os seguintes documentos.

DELABIE		DEFINIÇÃO DE POSTO CHEFE DE EQUIPA		Ref Rev:	DP_PROJ_v1
				Data:	12-JU-2013
Razão de Ser					
- <u>Previsão e Preparação das Ferramentas para Produção;</u>					
- <u>Fazer seguimento da Linha de Produção.</u>					
Missão Principal					
- Antecipar Paragens de Produção;					
- Garantir fluxo e localização dos carros/paletes de produção;					
- Respeitar Plano de Produção;					
- Preparar Ferramentas (Coquilhas/ Caixa de Machos) para entrar em produção;					
- Substituir responsável Fundação em caso de ausência;					
- Validar e Registrar Início e durante série de Produção;					
-- Análise de Matéria-prima;					
- Garantir o Aproveitamento de matéria- prima no forno;					
- Garantir o Aproveitamento Machos nas Coquilhadoras;					
- Gestão Parque de Ferramentas (Interno e Externo);					
Data		Resp. EMISSÃO		Data	
//___		Nome: Gilberto Gonçalves Rubrica:		Data	
Data		Resp. VERIFICAÇÃO		Data	
//___		Nome: Frederico Costho Rubrica:		Data	
Data		Resp. APROVAÇÃO		Data	
//___		Nome: Frederico Costho Rubrica:		Data	

DELABIE		DEFINIÇÃO DE POSTO CHEFE DE EQUIPA		Ref Rev:	DP_PROJ_v1
				Data:	12-JU-2013
Missão Secundária					
- Realizar Gabaritos para corte e verificar o seu estado;					
- Realizar pequenas Manutenções;					
- Carregar/ Descarregar Produtos (Saídas/ Entrada de Peças);					
- Substituir qualquer operador no caso de ausência;					
- Limpeza Colheres de vazamento.					
- Analisar e Registrar a Densidade dos Banhos de Grafite.					
Data		Resp. EMISSÃO		Data	
//___		Nome: Gilberto Gonçalves Rubrica:		Data	
Data		Resp. VERIFICAÇÃO		Data	
//___		Nome: Frederico Costho Rubrica:		Data	
Data		Resp. APROVAÇÃO		Data	
//___		Nome: Frederico Costho Rubrica:		Data	

Figura 124 – Definição Posto Chefe de Equipa.

DELABIE	DEFINIÇÃO DE POSTO VAZADOR FORMADOR	Ref. Doc.: DP_VAZ_v1
		Data: 12-Jul-2013
Razão de Ser		
- Vazar Peças respeitando os Parâmetros de Qualidade e Produtividade.		
Missão Principal		
- Vazar peças boas respeitando a produtividade e qualidade; - Respeitar as Regras de Segurança; - Alertar em caso de Problema de Qualidade (coquilhas, ferramentas); - Garantir/Respeitar os Procedimentos de Início/ Durante/ Fim de Produção: <ul style="list-style-type: none"> • Ligar e Desligar Forno e Coquilhadoras; • Colocar aditivos indicados no Modo Operatório; • Limpar forno e canais (Fim de semana) - Gerir o Procedimento e Sequência de Vazamento; - Carregamento do Forno (Lingotes, gitos); - Despejo e troca de carrinho peças; - Auto- Controlo da Qualidade das Peças; - Ser autónomo na mudança de série das ferramentas para Saída/ Entrada Produção; - Programar e Ajustar coquilhas para entrar em produção; - Controlar Temperatura do Banho do Forno; - Definir os parâmetros de afinação nas novas ferramentas e alterações; - Formar e Acompanhar Vazadores;		
Data	Resp. EMISSÃO	
_/ /	Nome: Gilberto Gonçalves Rubrica:	
Data	Resp. VERIFICAÇÃO	
_/ /	Nome: Frederico Coelho Rubrica:	
Data	Resp. APROVAÇÃO	
_/ /	Nome: Frederico Coelho Rubrica:	

DELABIE	DEFINIÇÃO DE POSTO VAZADOR FORMADOR	Ref. Doc.: DP_VAZ_v1
		Data: 12-Jul-2013
Missão Secundária		
- Limpeza do Posto de Trabalho (Espaço, Máquina, Tanques Grafite); - Repor nível de água dos tanques de grafite; - Melhorar Produtividade e Qualidade; - Propor Sugestões de Melhoria; - Registrar cargas do Forno; - Tirar Amostras do banho latão;		
Data	Resp. EMISSÃO	
_/ /	Nome: Gilberto Gonçalves Rubrica:	
Data	Resp. VERIFICAÇÃO	
_/ /	Nome: Frederico Coelho Rubrica:	
Data	Resp. APROVAÇÃO	
_/ /	Nome: Frederico Coelho Rubrica:	

Figura 125 – Definição Posto Vazador Formador.

DELABIE	DEFINIÇÃO DE POSTO VAZADOR	Ref. Doc.: DP_VAZ_v1
		Data: 12-Jul-2013
Razão de Ser		
- Vazar Peças respeitando os Parâmetros de Qualidade e Produtividade.		
Missão Principal		
- Vazar peças boas respeitando a produtividade e qualidade; - Respeitar as Regras de Segurança; - Alertar em caso de Problema de Qualidade (coquilhas, ferramentas); - Garantir/Respeitar os Procedimentos de Início/ Durante/ Fim de Produção: <ul style="list-style-type: none"> • Ligar e Desligar Forno e Coquilhadoras; • Colocar aditivos indicados no Modo Operatório; • Limpar forno e canais (Fim de semana) - Gerir o Procedimento e Sequência de Vazamento; - Carregamento do Forno (Lingotes, gitos); - Despejo e troca de carrinho peças; - Auto- Controlo da Qualidade das Peças; - Ser autónomo na mudança de série das ferramentas para Saída/ Entrada Produção; - Programar e Ajustar coquilhas para entrar em produção;		
Data	Resp. EMISSÃO	
_/ /	Nome: Gilberto Gonçalves Rubrica:	
Data	Resp. VERIFICAÇÃO	
_/ /	Nome: Frederico Coelho Rubrica:	
Data	Resp. APROVAÇÃO	
_/ /	Nome: Frederico Coelho Rubrica:	

DELABIE	DEFINIÇÃO DE POSTO VAZADOR	Ref. Doc.: DP_VAZ_v1
		Data: 12-Jul-2013
Missão Secundária		
- Limpeza do Posto de Trabalho (Espaço, Máquina, Tanques Grafite); - Repor nível de água dos tanques de grafite; - Melhorar Produtividade e Qualidade; - Propor Sugestões de Melhoria.		
Data	Resp. EMISSÃO	
_/ /	Nome: Gilberto Gonçalves Rubrica:	
Data	Resp. VERIFICAÇÃO	
_/ /	Nome: Frederico Coelho Rubrica:	
Data	Resp. APROVAÇÃO	
_/ /	Nome: Frederico Coelho Rubrica:	

Figura 126 – Definição Posto Chefe de Equipa.

Anexo XI – Modos Operatórios Específicos Vazamento

Modo Operatório Específico		Ref. Doc.	MOE-VZ- RP740B v1
DELABIE	Posto:VAZAMENTO	RP740B	Data: 20-Fev-2013

1 PREPARAÇÃO

- ✓ Localização Coquilha Armazém: 01-C-03
- ✓ Temperatura Banho: 985 °C
- ✓ Montar coquilha (verificar posicionamento para programação):

PROGRAMAÇÃO	
Tipo de Vazamento:	Frontal com arrefecimento fora do banho.
Tempo de banho ESQ	0,7 s
Tempo de banho DIR:	1 s
Tempo de solidificação:	3 s
Tipo banho:	Face do Topo do gito

AJUSTE REGULADORES MANUAIS	
Inclinação Frontal:	
Inclinação Lateral	

- ✓ Pré-Aquecimento coquilha: 180 °C.

2 FABRICO

- ✓ Colocação do Macho: Macho único deve ser colocado como representado na figura (Verificar pintura).
- ✓ Tipo Colher: Colher de pega lateral Diâmetro=
- ✓ Vazamento: Enchimento rápido, com posição inicial indicada na figura.



Colocação do Macho Posição de Vazamento Limpeza da coquilha

- ✓ Intervalo Limpeza: 10 peças ± 2
- ✓ Tipo Limpeza: Escova Manual e barra cobre (amarelo) → sempre; azul → intermitente)
- ✓ Peso Peça com Gito/ sem gito: 1236g / 899g
- ✓ Vazamentos /hora: 60
- ✓ Qtd. Carro: 200

3 CONTROLO



Data :	Resp. EMISSÃO:	Data :	Resp. VERIFICAÇÃO:	Data :	Resp. APROVAÇÃO:
Nome : Gilberto G. Rubrica :		Nome : Frederico C. Rubrica :		Nome : Frederico C. Rubrica :	

Modo Operatório Específico		Ref. Doc.	MOE-VZ- MB700B v1
DELABIE	Posto:VAZAMENTO	MB700B	Data: 01-Ma-2013

1 PREPARAÇÃO

- ✓ Localização Coquilha Armazém: 01-C-10 (COQ 1)
- ✓ Temperatura Banho: 990 ± 5 °C

PROGRAMAÇÃO	
Tipo de Vazamento:	LATERAL com arrefecimento e rot. fora do banho.
Tempo de banho ESQ	1,1 s
Tempo de banho DIR:	0,9 s
Tempo de solidificação:	7 s
Tipo banho:	Face do Topo do gito

AJUSTE REGULADORES MANUAIS	
Inclinação Frontal:	
Inclinação Lateral	65 °

- ✓ Pré-Aquecimento coquilha: 140 °C.

2 FABRICO

- ✓ Colocação do Macho: Macho duplo deve ser colocado pela ordem representado na figura.
- ✓ Tipo Colher: Colher de pega lateral Diâmetro= 120 mm



Colocação do Macho Posição de Vazamento Limpeza da coquilha

- ✓ Intervalo Limpeza (AMARELO): 2 peças ± 1 → Luva ou escova manual ("borboto grafite");
- ✓ Intervalo Limpeza (AZUL): 6 peças ± 2 → Escova Manual e barra (limpar esquinas)
- ✓ Peso Peça com Gito/ sem gito: 1236g / 899g
- ✓ Vazamentos /hora: 60
- ✓ Qtd. Carro: 200

3 CONTROLO

Controlar visualmente a superfície da peça (fissuras, rechupe).



Data :	Resp. EMISSÃO:	Data :	Resp. VERIFICAÇÃO:	Data :	Resp. APROVAÇÃO:
Nome : Gilberto G. Rubrica :		Nome : Frederico C. Rubrica :		Nome : Frederico C. Rubrica :	

Modo Operatório Específico		Ref. Doc.	MOE-VZ- CU790970B v1
DELABIE	Posto:VAZAMENTO	CU790970B	Data: 26-Jun-2013

1 PREPARAÇÃO

- ✓ Localização Coquilha Armazém: 03-B-03
- ✓ Temperatura Banho: 990 ± 5 °C

PROGRAMAÇÃO	
Tipo de Vazamento:	FRONTAL com arrefecimento e rot. fora do banho.
Tempo de banho ESQ	1,1 s
Tempo de banho DIR:	1,0 s
Tempo de solidificação:	4 s
Tipo banho:	Face do Topo do gito

AJUSTE REGULADORES MANUAIS	
Inclinação Frontal:	85 °
Inclinação Lateral	

- ✓ Pré-Aquecimento coquilha: 140 °C.

2 FABRICO

- ✓ Colocação do Macho: Macho duplo deve ser colocado pela ordem representado na figura.
- ✓ Tipo Colher: Colher de pega lateral Diâmetro= 120 mm.

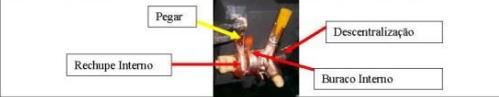


Colocação do Macho Posição de Vazamento Limpeza da coquilha

- ✓ Intervalo Limpeza (AMARELO): 6 peças ± 2 → Escova Manual (crosta grafite);
- ✓ Intervalo Limpeza (AZUL): 12 peças ± 2 → Escova Rotativa e barra (cantos, Anel, "Orelhas")
- ✓ Peso Peça com Gito/ sem gito: 1134g / 658g
- ✓ Vazamentos /hora: 60
- ✓ Qtd. Carro: 200

3 CONTROLO

Controlar visualmente a superfície da peça, descentralização e rechupe na entrada da peça.



Data :	Resp. EMISSÃO:	Data :	Resp. VERIFICAÇÃO:	Data :	Resp. APROVAÇÃO:
Nome : Gilberto G. Rubrica :		Nome : Frederico C. Rubrica :		Nome : Frederico C. Rubrica :	

Modo Operatório Específico		Ref. Doc.	MOE-VZ- CU790970B v1
DELABIE	Posto:VAZAMENTO	CU790970B	Data: 26-Jun-2013

1 PREPARAÇÃO

- ✓ Localização Coquilha Armazém: 03-B-03
- ✓ Temperatura Banho: 990 ± 5 °C

PROGRAMAÇÃO	
Tipo de Vazamento:	FRONTAL com arrefecimento e rot. fora do banho.
Tempo de banho ESQ	1,1 s
Tempo de banho DIR:	1,0 s
Tempo de solidificação:	4 s
Tipo banho:	Face do Topo do gito

AJUSTE REGULADORES MANUAIS	
Inclinação Frontal:	85 °
Inclinação Lateral	

- ✓ Pré-Aquecimento coquilha: 140 °C.

2 FABRICO

- ✓ Colocação do Macho: Macho duplo deve ser colocado pela ordem representado na figura.
- ✓ Tipo Colher: Colher de pega lateral Diâmetro= 120 mm.



Colocação do Macho Posição de Vazamento Limpeza da coquilha

- ✓ Intervalo Limpeza (AMARELO): 6 peças ± 2 → Escova Manual (crosta grafite);
- ✓ Intervalo Limpeza (AZUL): 12 peças ± 2 → Escova Rotativa e barra (cantos, Anel, "Orelhas")
- ✓ Peso Peça com Gito/ sem gito: 1134g / 658g
- ✓ Vazamentos /hora: 60
- ✓ Qtd. Carro: 200

3 CONTROLO

Controlar visualmente a superfície da peça, descentralização e rechupe na entrada da peça.



Data :	Resp. EMISSÃO:	Data :	Resp. VERIFICAÇÃO:	Data :	Resp. APROVAÇÃO:
Nome : Gilberto G. Rubrica :		Nome : Frederico C. Rubrica :		Nome : Frederico C. Rubrica :	

Figura 127 – Representação de exemplares de documentos “Modos Operatórios Específicos”.

Anexo XII – Manual “Lista Ferramentas”

Na Figura 128 Apresenta-se um extrato do manual criado para o posto de Manutenção e Armazém de Ferramentas, contendo as informações gerais de cada referência.

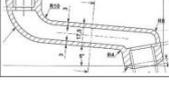
DELABIE-ARMAZÉM LISTA DE FERRAMENTAS (COQUILHAS/ CAIXAS DE MACHOS)  DELABIE Sociedade Unipessoal Lda. Parque Industrial de Celeirós, 2ª Fase Avenida Eng. J. Rolo, Lote nº1 4705-414 Celeiros – BRAGA www.delabie.fr			
Referência	Posição Armazém	Características	Imagem
B471AD15	02-C-06	Caixa Machos 1	
		Caixa Machos 2	
		Caixa Machos 3	
		Coquilha A	
		Coquilha B	
B495B	01-C-07	Caixa Machos 1	
		Caixa Machos 2	
		Caixa Machos 3	
		Coquilha A	
		Coquilha B	
BD2412B	03-A-03	Caixa Machos 1	
		Caixa Machos 2	
		Caixa Machos 3	
		Coquilha A	
		Coquilha B	
BD406B	03-A-01	Caixa Machos 1	
		Caixa Machos 2	
		Caixa Machos 3	
		Coquilha A	
		Coquilha B	
BD408B	03-A-02	Caixa Machos 1	
		Caixa Machos 2	
		Caixa Machos 3	
		Coquilha A	
		Coquilha B	
BD410B	02-B-09	Caixa Machos 1	
		Caixa Machos 2	
		Caixa Machos 3	
		Coquilha A	
		Coquilha B	
BD714B	02-A-10	Caixa Machos 1	
		Caixa Machos 2	
		Caixa Machos 3	
		Coquilha A	
		Coquilha B	
BE853315B	02-B-06	Caixa Machos 1	
		Caixa Machos 2	
		Caixa Machos 3	
		Coquilha A	
		Coquilha B	
BE853327B	01-C-02	Caixa Machos 1	
		Caixa Machos 2	
		Caixa Machos 3	
		Coquilha A	
		Coquilha B	
BE853415B	02-B-06	Caixa Machos 1	
		Caixa Machos 2	
		Caixa Machos 3	
		Coquilha A	
		Coquilha B	
BE873027B	02-B-07	Caixa Machos 1	
		Caixa Machos 2	
		Caixa Machos 3	
		Coquilha A	
		Coquilha B	
BEC3571B	01-A-01	Caixa Machos 1	
		Caixa Machos 2	
		Caixa Machos 3	
		Coquilha A	
		Coquilha B	
BEC405B	01-C-06	Caixa Machos 1	
		Caixa Machos 2	
		Caixa Machos 3	
		Coquilha A	
		Coquilha B	
BEC981B	01-C-08	Caixa Machos 1	
		Caixa Machos 2	
		Caixa Machos 3	
		Coquilha A	
		Coquilha B	
C2315B	02-A-05	Caixa Machos 1	
		Caixa Machos 2	
		Caixa Machos 3	
		Coquilha A	
		Coquilha B	
C2320B	02-A-06	Caixa Machos 1	
		Caixa Machos 2	
		Caixa Machos 3	
		Coquilha A	
		Coquilha B	
C324B	01-B-04	Caixa Machos 1	
		Caixa Machos 2	
		Caixa Machos 3	
		Coquilha A	
		Coquilha B	
C332B	01-B-01	Caixa Machos 1	
		Caixa Machos 2	
		Caixa Machos 3	
		Coquilha A	
		Coquilha B	
C423B	01-B-02	Caixa Machos 1	
		Caixa Machos 2	
		Caixa Machos 3	
		Coquilha A	
		Coquilha B	
C621B	01-B-05	Caixa Machos 1	
		Caixa Machos 2	
		Caixa Machos 3	
		Coquilha A	
		Coquilha B	

Figura 128 – Representação de extrato de manual “Lista de Ferramentas”.

Anexo XIII – Documentos Auxiliares dos Postos de Trabalho

Folha de Regras de Ouro do Vazador

	REGRAS DE OURO DO VAZADOR	Ref Doc:	RO-VZ-v1
		Data:	12-Jul-2013

- ✓ Respeitar as Regras de Segurança e o Modo Operatório Geral;
- ✓ Recolher matéria com a colher, fazendo movimento de trás para a frente;
- ✓ Concentração no Momento de Vazamento (Estável, contínuo);
- ✓ Depositar matéria restante junto do nível do banho (evitar oxidação, gaseificação do banho);
- ✓ Verificar defeitos peça;
- ✓ Não atirar peças;
- ✓ Respeitar o Estado das Ferramentas;
- ✓ Não alterar temperatura Forno sem autorização;

Data	Resp. EMISSÃO	Data	Resp. VERIFICAÇÃO	Data	Resp. APROVAÇÃO
__/__/__	Nome: Gilberto Gonçalves Rubrica:	__/__/__	Nome: Frederico Coelho Rubrica:	__/__/__	Nome: Frederico Coelho Rubrica:

Figura 129 - Representação documento de Regras de Ouro do Vazador.

Folha “Esquema de montagem de Maxilas”

Na Figura 130 apresenta-se a folha de indicação de montagem dos maxilares na coquilha.

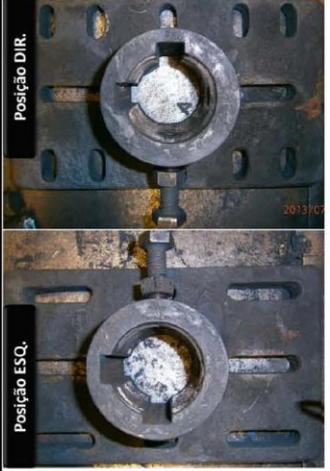
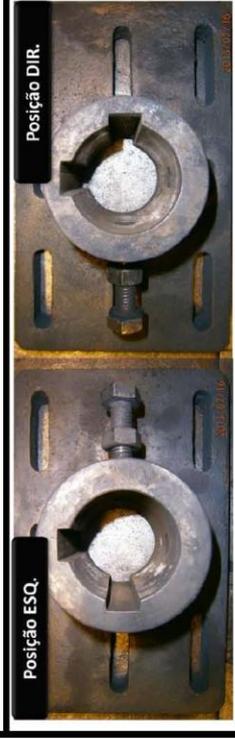
	<h2 style="margin: 0;">ESQUEMA MONTAGEM MAXILAS E COQUILHA</h2>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Ref Doc:</td> <td>LC__v1</td> </tr> <tr> <td>Data:</td> <td>12-Jul-2013</td> </tr> </table>	Ref Doc:	LC__v1	Data:	12-Jul-2013				
Ref Doc:	LC__v1									
Data:	12-Jul-2013									
<h3>Posição Esquerda Máquina</h3>		<h3>Posição Direita Máquina</h3>								
<h3>Posição Vertical Maxilar</h3>		<h3>Posição Horizontal Maxilar</h3>								
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Data</td> <td style="width: 25%;">Resp. EMISSÃO</td> <td style="width: 25%;">Data</td> <td style="width: 25%;">Resp. APROVAÇÃO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">_/_/___</td> <td>Nome: Gilberto Gonçalves Rubrica:</td> <td style="text-align: center;">_/_/___</td> <td>Nome: Frederico Coelho Rubrica:</td> </tr> </table>	Data	Resp. EMISSÃO	Data	Resp. APROVAÇÃO	_/_/___	Nome: Gilberto Gonçalves Rubrica:	_/_/___	Nome: Frederico Coelho Rubrica:
Data	Resp. EMISSÃO	Data	Resp. APROVAÇÃO							
//___	Nome: Gilberto Gonçalves Rubrica:	_/_/___	Nome: Frederico Coelho Rubrica:							

Figura 130 – Folha Esquema de Montagem Maxilas e Coquilha.

Ficha de Manutenção de Ferramentas

NºRDF-2013-____ (RDF-Ano- N°)		RETOQUE DE FERRAMENTAS		 DELABIE DELABIE LDA	
Pedido por :	Nome:	Data :	Visa :		
Realização por:	Nome:/...../.....			
REFERENCIA DO PRODUTO ACABADO				
TIPO DE MODIFICACAO	<input type="checkbox"/> CAIXA DE MACHOS <input type="checkbox"/> Colocação do sistema de mudança rápida + reguas <input type="checkbox"/> Rectificar as superfícies de contacto <input type="checkbox"/> Retoque dos pernos de centragem <input type="checkbox"/> Desbloquear os sistemas de extração horizontal <input type="checkbox"/> Retoque do pino da extração Vertical <input type="checkbox"/> Modificação da forma <input type="checkbox"/> Acrescimento da resistencia no interior do pino da extração Vertical <input type="checkbox"/> Alterar filtros <input type="checkbox"/> Outros,		<input type="checkbox"/> COQUILHA <input type="checkbox"/> Retoque na entrada de vazamento <input type="checkbox"/> Retoque nos respiros <input type="checkbox"/> Retoque dos pernos de centragem <input type="checkbox"/> Retoque nos portes de machos <input type="checkbox"/> Acrescimento de respiro(s) <input type="checkbox"/> Rebaixar a coquilha <input type="checkbox"/> Modificação da forma <input type="checkbox"/> Refazer a marcação do(s) simbolo(s) <input type="checkbox"/> Acrescentar sistema de extração <input type="checkbox"/> Outros,		
	<u>Informação suplementar do pedido :</u> 				
<u>Prazo pedido :</u>		<u>Data de fecho :</u>			
Ref. Doc. : RDF-2012-01		Revisao : original		Data : 11/12/2012	
				Pagina : 1 / 1	

Figura 131 – Representação de Ficha de Manutenção de Ferramentas.

Anexo XIV – Fichas Técnicas de Produtos e Equipamentos.

Grafite GRAFICOL 85

FICHA TÉCNICA	
GRAFICOL 85	
<i>GRAFITE</i>	
1 - PRODUTO	
O Graficol 85 é um pó negro muito fino, apropriado para coquilha de elevado rendimento.	
2 - APLICAÇÃO	
Recomenda-se a adição de 1kg para cada 5 litros de água, dependendo do tipo de peças (tamanho e espessura). As quantidades ideais para cada operação devem ser encontradas experimentalmente. A temperatura do banho deve estar entre 40 °C e 60 °C, embora seja possível trabalhar entre 15 °C e 75°C. O banho deve ser agitado electricamente ou por ar comprimido (sem óleo).	
3 - CARACTERÍSTICAS	
4 - EMBALAGEM	
Sacos papel: 40 kg	
5 - VALIDADE	
Não aplicável.	
6 - SEGURANÇA E ARMAZENAMENTO	
Armazenar o produto em local arejado e seco, ao abrigo da humidade.	
<small>DR00096</small>	<small>Data: 11.06.2008</small>
<small>Rua da Fábrica das Cavadinhas 696 - 4415-220 Pedroso - Portugal Tel: +351 227 860 850 Fax: +351 227 828 259 fundipor@fundipor.pt www.fundipor.pt</small>	
<small>Aprovado</small>   	

Figura 132 – Ficha técnica Graficol 85.

Aditivos do Forno

LIMPEZA DO FORNO

Produtos:

- Albral 3** : Fluxo de proteção e limpeza do latão.
- Logas 50 A1** : Pastilha para desgasificação do latão.
- Tubo DS4** : Limpeza e desoxidação
- Carvão em pó** : Proteção

Modo operatorio:

Logo de manhã:

- 1º) Desgasificar com **Logas 50 A1** na câmara de carga e vazamento, mantendo a superfície coberta com **Albral 3**; com estabilização ou abaixamento de temperatura do forno.
- 2º) Remover o **Albral 3** da câmara de carga e vazamento, limpando toda a superfície.
- 3º) Voltar a cobrir com **Albral 3** na zona de carga.
- 4º) Limpar e desoxidar com 1 **Tubo DS4** na zona de vazamento.

NOTA: Manter na zona de carga a cobertura com **Albral 3**, para ajudar a separar as impurezas do latão à medida que este é carregado;

Depois do almoço:

- 1º) Na câmara de vazamento; com estabilização ou abaixamento de temperatura do forno; cobrir com **Albral 3** a superfície.
- 2º) Desgasificar com **Logas 50 A1**
- 2º) Remover o **Albral 3** da câmara de vazamento, limpando toda a superfície.
- 3º) Limpar e desoxidar com 1 **Tubo DS4** na zona de vazamento.

NOTA: Manter na zona de carga a cobertura com **Albral 3**, para ajudar a separar as impurezas do latão à medida que este é carregado;

Ao fim do turno:

Aplicar durante a noite o **po de carvão** na superfície do latão cobrindo-a completamente na zona de carga e vazamento; para evitar a oxidação do material.

Ao fim da semana de trabalho:

Limpeza dos canais do forno.

Figura 133 – Ficha de aditivos de manutenção do banho do forno.

Desenho técnico Macho (RP740B)

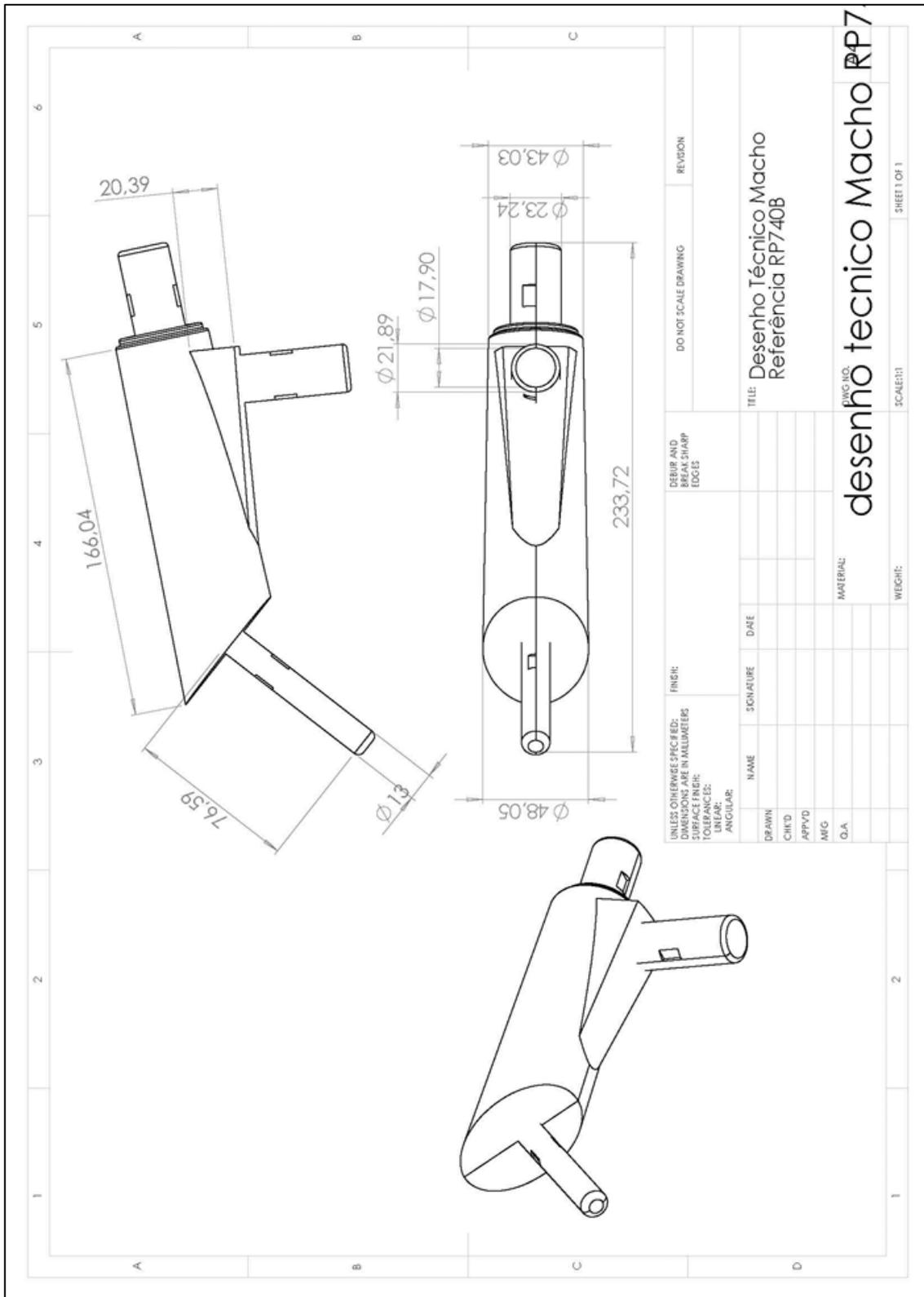


Figura 135 – Desenho Técnico de macho RP740B.

Desenho técnico Coquilha (RP740B) inicial (secção 8.3.1)

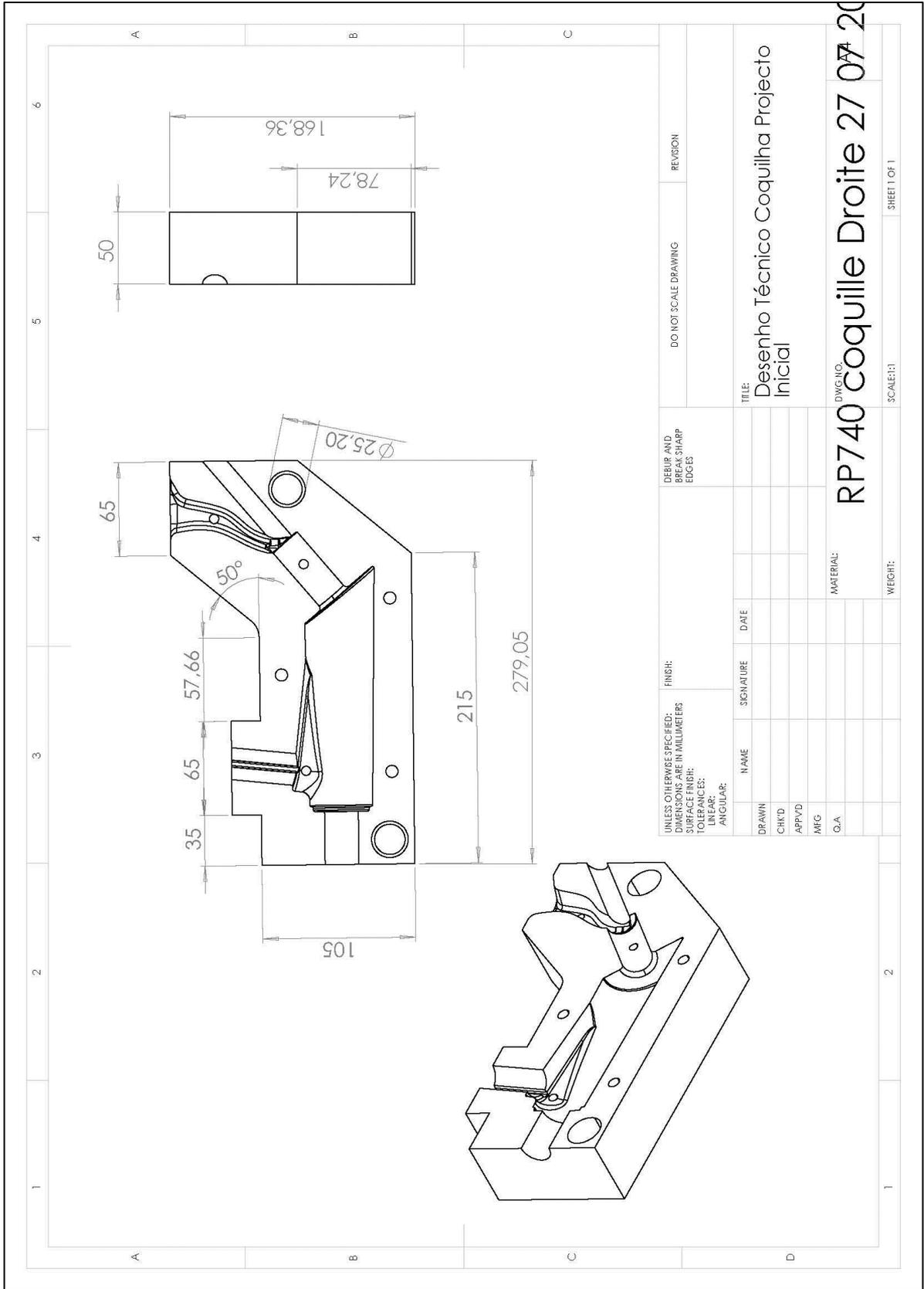


Figura 136 – Desenho Técnico de Coquilha de Projeto Inicial RP740B.

Desenho técnico de sistema de enchimento projetado (secção 8.3.3)
Referência RP740B.

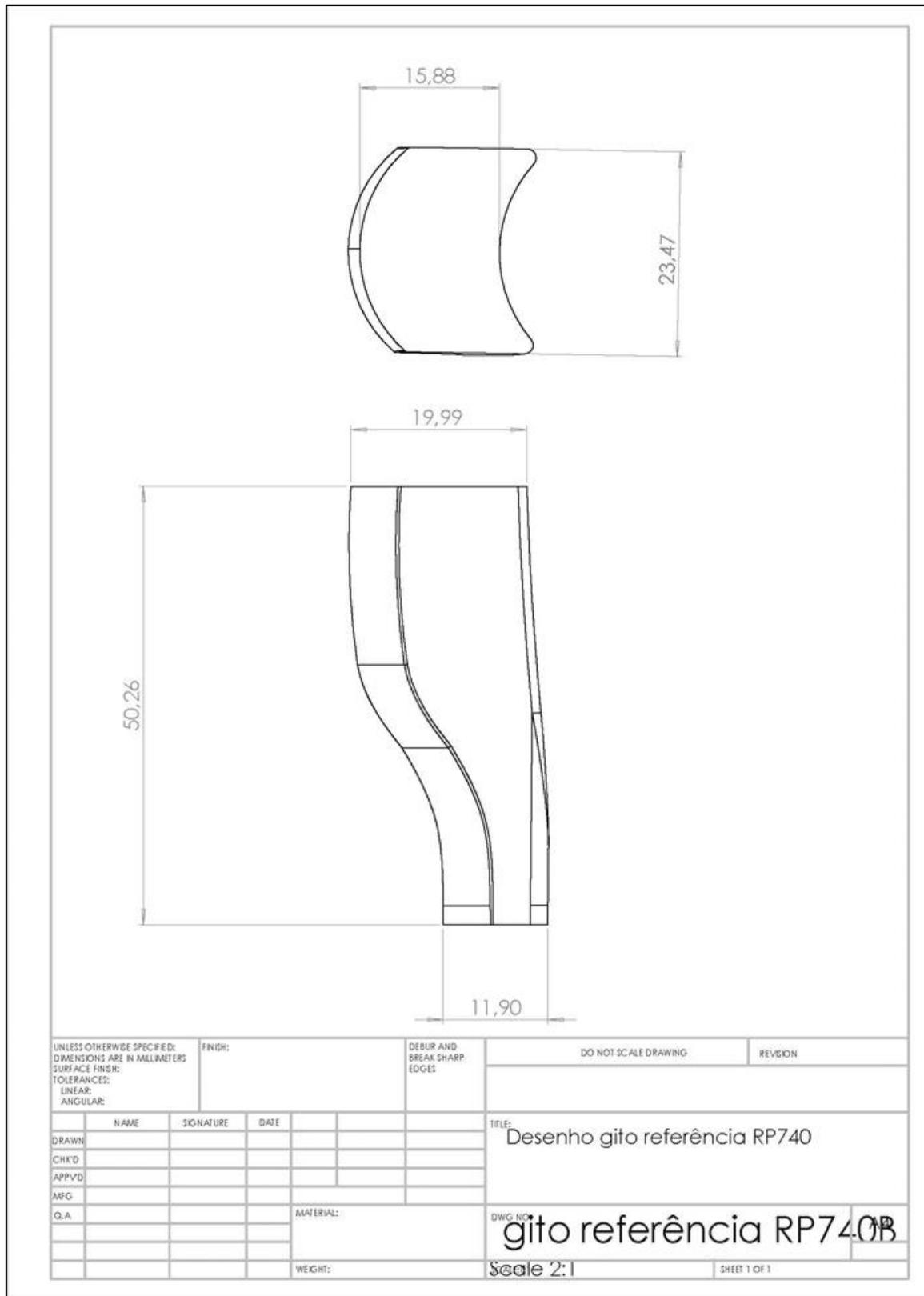


Figura 137 – Desenho Técnico alteração de Sistema de Enchimento proposta RP740B.

Desenho técnico de coquilha após modificações espessura de parede projetadas (secção 8.3.3) Referência RP740B.

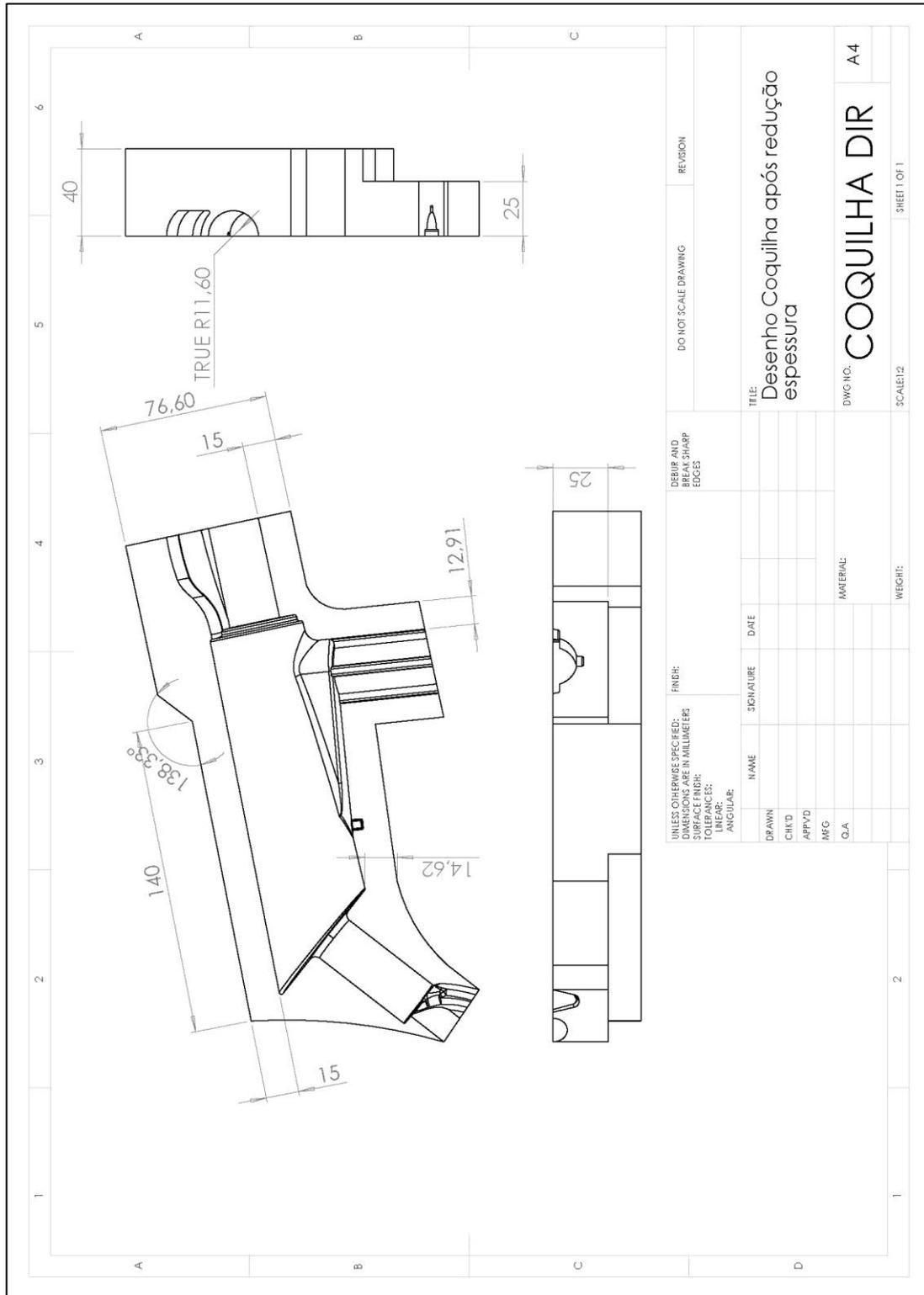


Figura 138 – Desenho Técnico de Coquilha Após modificações de projeto RP740B.

Desenho técnico da Referência MB700B

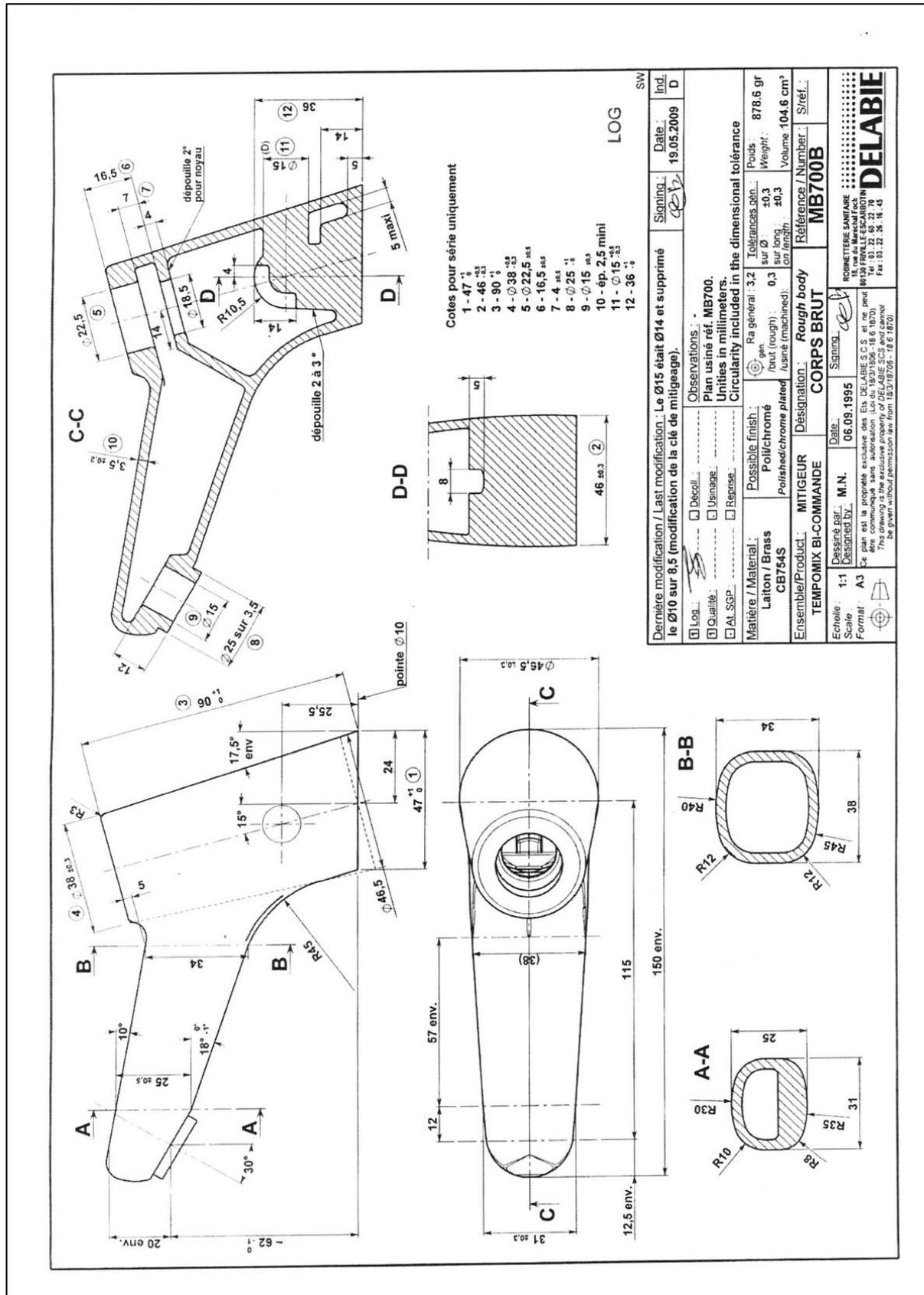


Figura 139 – Desenho Técnico de Fundição Referência Mb700B.

Desenho técnico Macho (MB700B)

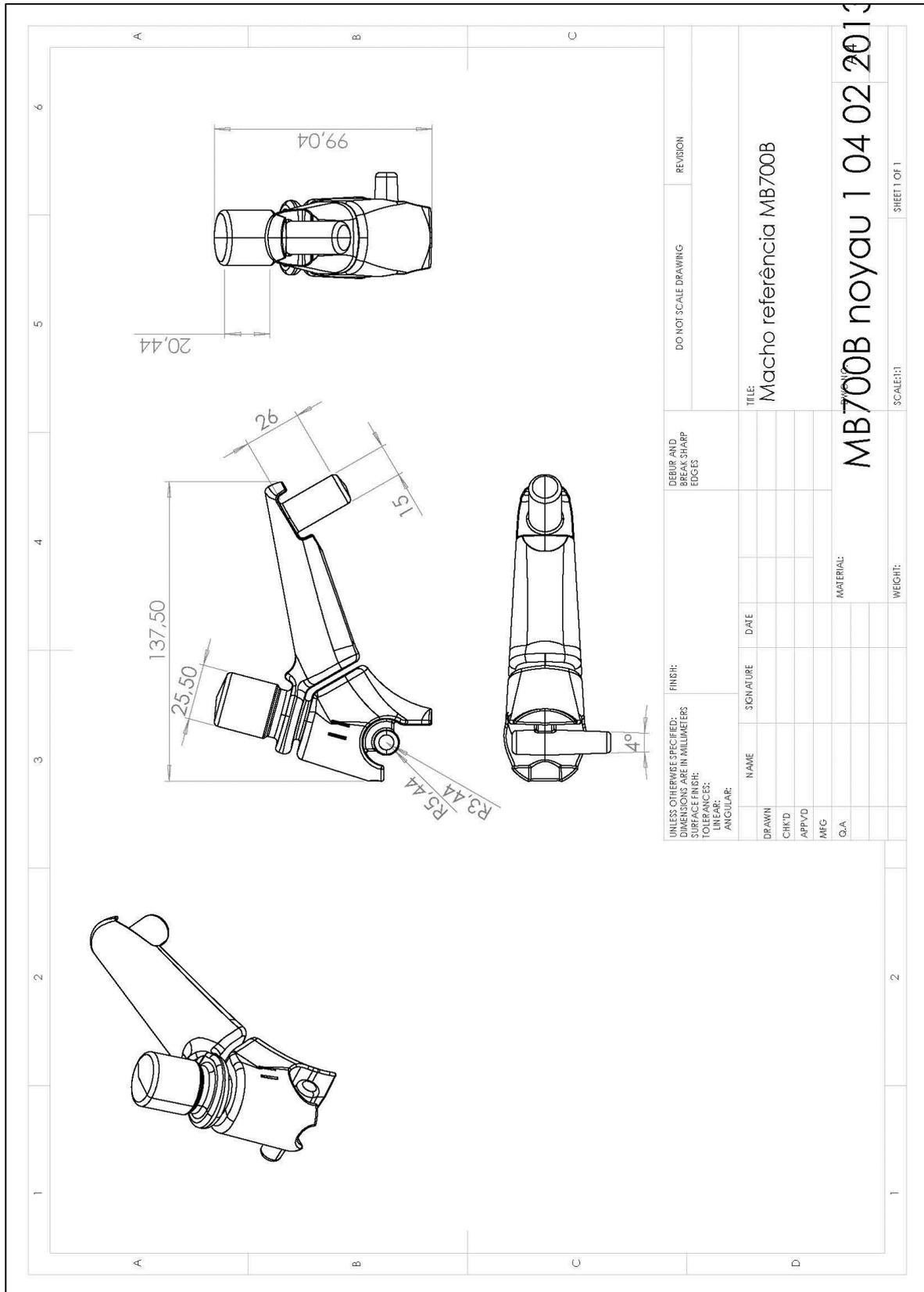


Figura 140 – Desenho Técnico macho Referência MB700B.

Desenho técnico de sistema de enchimento projetado (secção 8.4.3)
Referência MB700B.

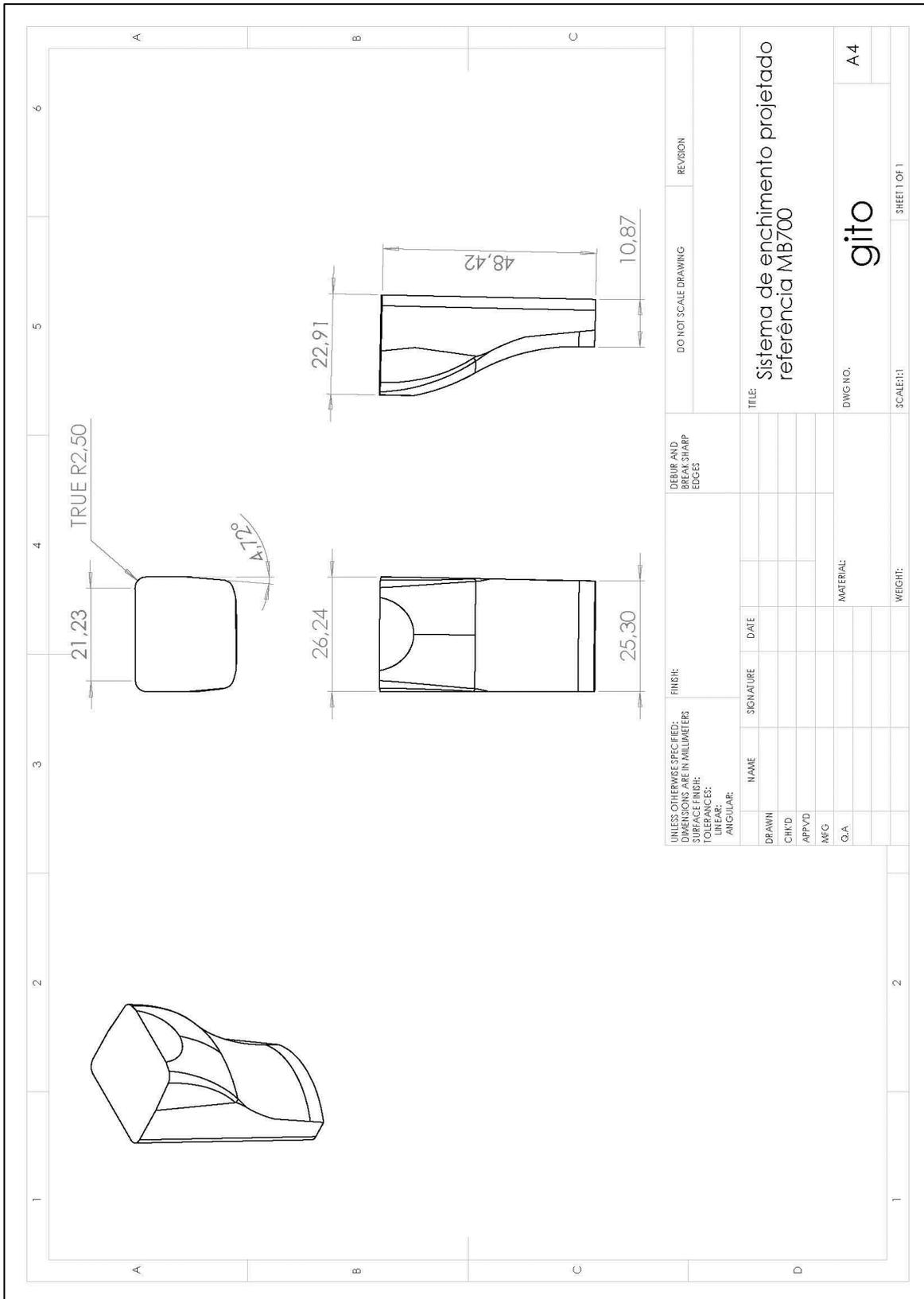


Figura 141 – Desenho Técnico alteração de Sistema de Enchimento proposta MB700B.

Desenho técnico de coquilha após modificações espessura de parede projetadas (secção 8.4.3) Referência MB700B.

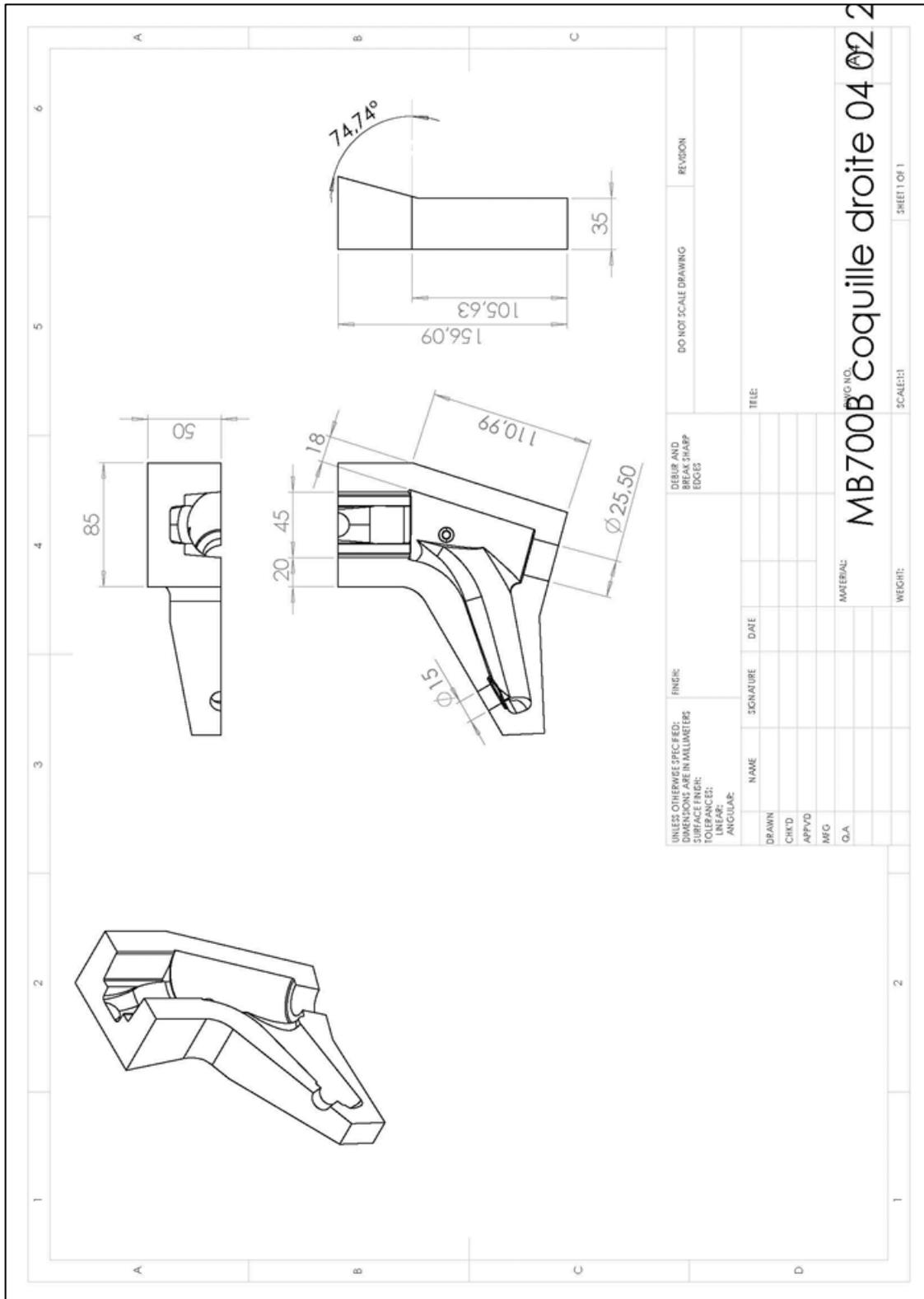


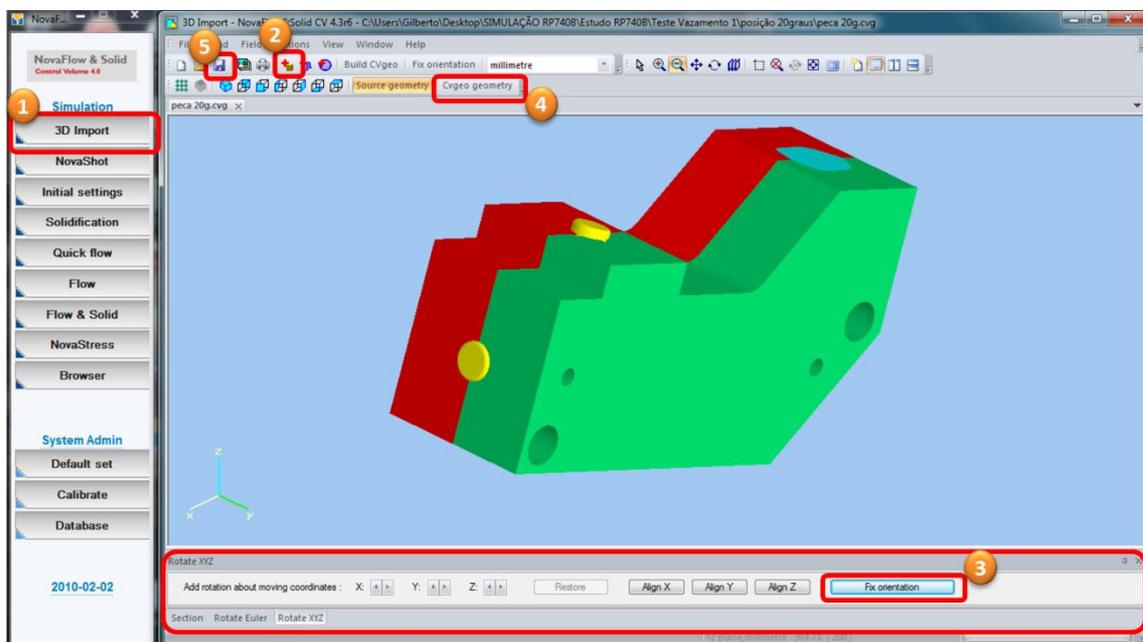
Figura 142 – Desenho Técnico de Coquilha Após modificações de projeto MB700B..

Anexo XVI – Procedimento Simulação utilizado em NovaFlow&Solid

Neste anexo é apresentado o procedimento utilizado na preparação e desenvolvimento das simulações de vazamento em NovaFlow&Solid, realizadas neste trabalho.

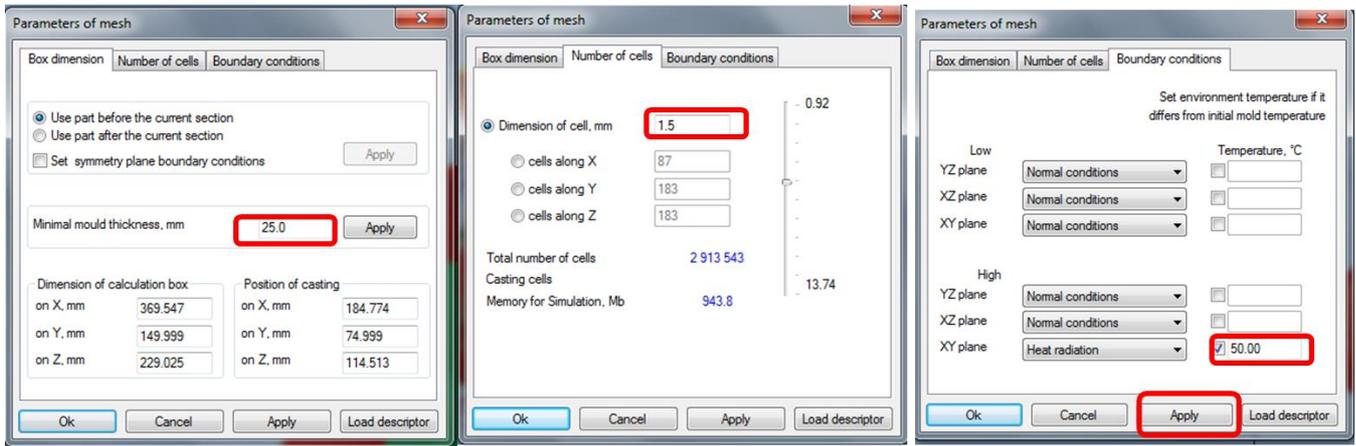
1. 3D IMPORT – Importação Geométrica a partir de um sistema CAD em formato*Stl

- Abrir **3D Import** e abrir ficheiros arquivos *.STL das partes que constituem o modelo (Peça, macho, coquilha) → Opção **Add- 3D solid** ;
- Colocar o conjunto na posição de vazamento pretendida, utilizando as opções de rotação e visualização do menu (Tela inferior), e fixar o posicionamento → opção **Fix orientation**;
- Posteriormente clique na opção **Build CVgeo** para construir o seu modelo, e guarde o ficheiro → opção **Convert to save as**.

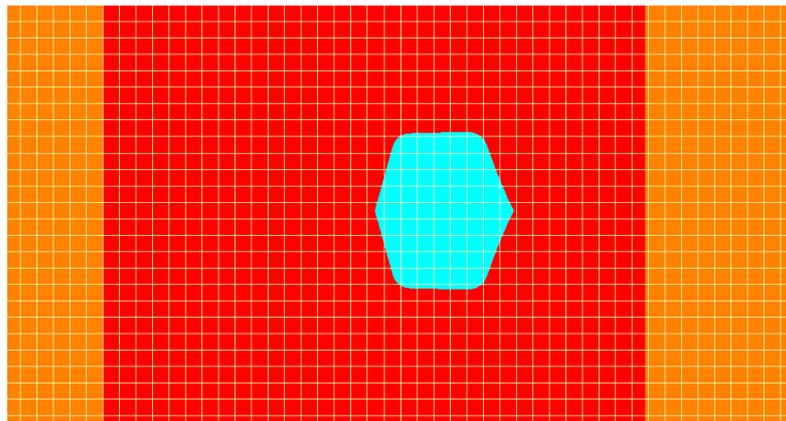


2. INITIAL SETTINGS – Definir as condições iniciais e de fronteira

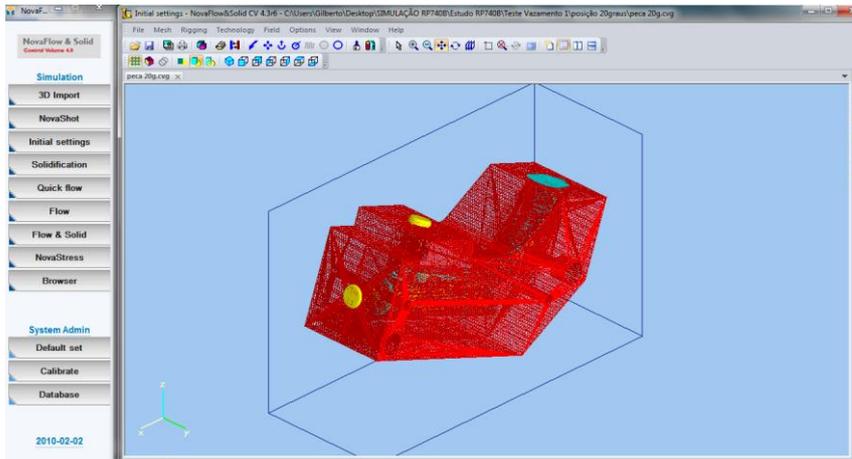
- Abrir **Initial Settings** o ficheiro guardado anteriormente, formato .cvg;
- Selecione a opção → **Build Mesh** , e defina os seguintes parâmetros:



- Distância da Fronteira de estudo ao redor da moldação → **Minimal mould thickness: 25mm**;
- Adaptar a dimensão da caixa de cálculo de modo a que a sua face seja coincidente com o topo de sistema enchimento → **Dimension of calculation box**;
- Clicando na opção → **grid**  e com auxílio do **zoo**, observar a divisão na secção de canal de enchimento criada pela malha.

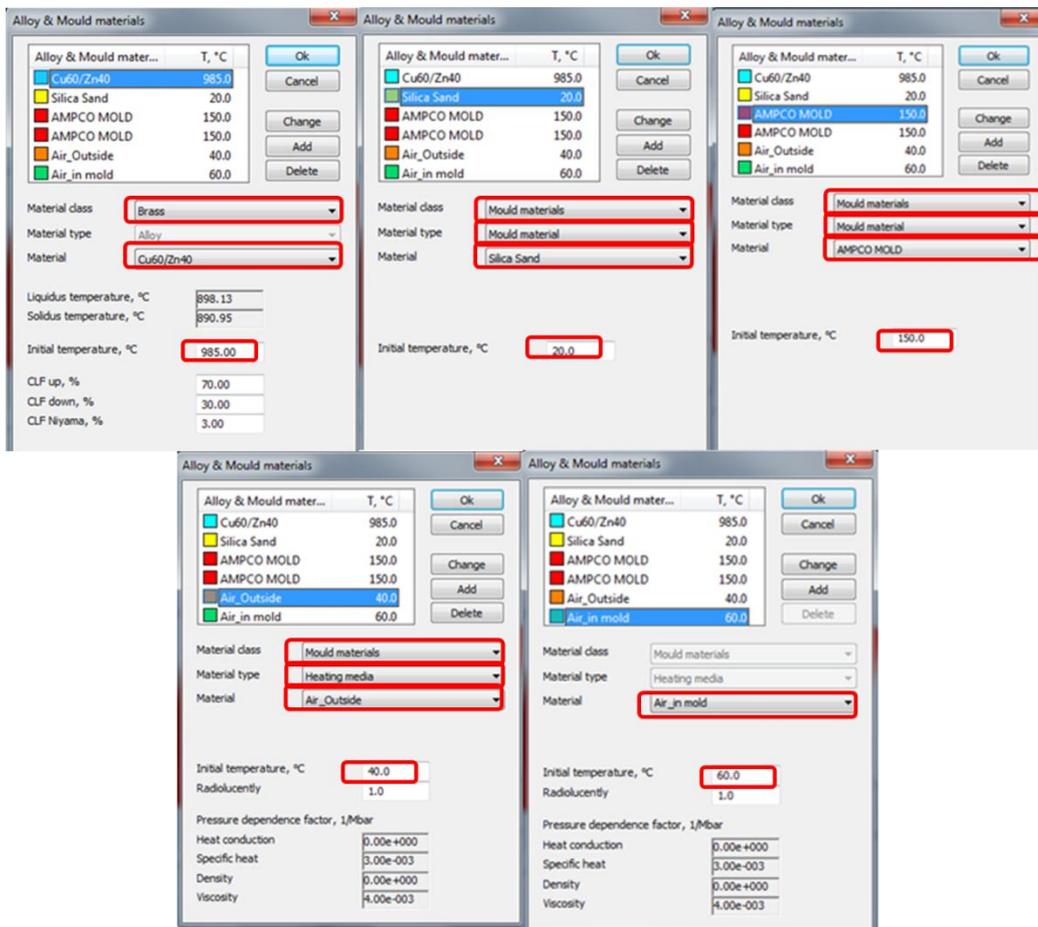


- Na barra **Number of Cells** definir número de células da malha através da sua dimensão → opção **Dimension of cell: 1,5 mm** (dependendo da capacidade do computador);
- Posteriormente na barra **Boundary Conditions** definir as condições iniciais do ambiente ao redor da moldação (Fundição por gravidade apenas definir Heat Radiationna condição XY do plano superior): **40°C**.
- Por fim selecionar a opção **Apply**, gerando assim a malha.



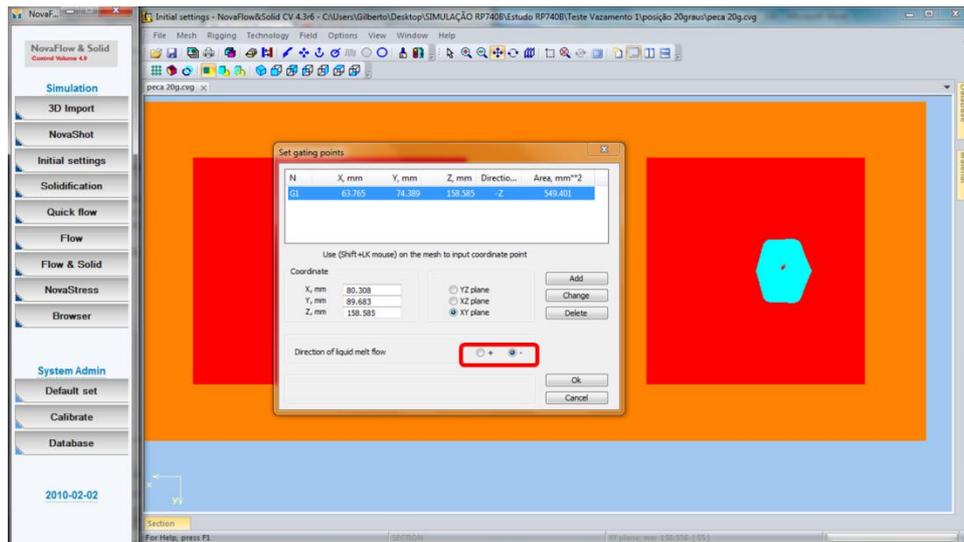
■ Selecione a opção **→Set Material** , para definir o material dos componentes do conjunto e suas temperaturas iniciais:

- Peça **→ Brass Cu60/Zn40** (Temperatura inicial: **985°C**)
- Macho: **Silica sand** (Temperatura inicial: **20°C**);
- Coquilha **→ AMPCOLOY** (Temperatura inicial: **150°C**);
- Temperatura ambiente: **Air Outside** (Temperatura inicial **40°C**);
- Cavidade da Moldação: **Air in Mold**: (Temperatura inicial **60°C**);



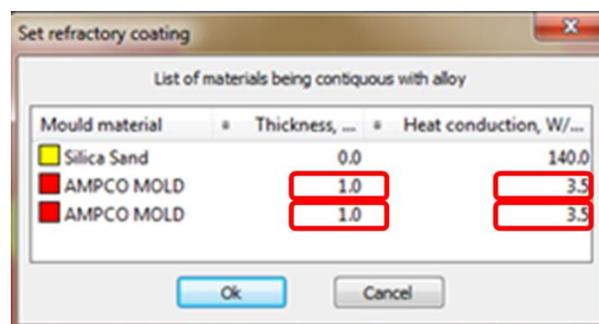
- A localização de início de vazamento e sentido do seu fluxo foram definidos selecionando a opção → **Rigging Gatings** :

- Selecionar a área 2D (corte de secções) que incluía a secção do canal de enchimento por onde se inicia o vazamento e com o comando **shift+ click** selecionar a área pretendida;
- Posteriormente selecionar o sentido de fluxo do material de acordo com o sentido definido para a gravidade → **Direct of liquid melt flow (-)**;
- Clicar **ok**.



- Tendo as coquilhas uma pintura por grafitação, esta cobertura foi definida selecionando a opção → **Rigging Coating** :

- Selecionar as metades da coquilha, e aplicar uma pintura superficial de 1 mm de espessura para uma condutividade térmica da grafite de 3,5W/m.K (dados do PT vazamento); I.Vaskova, D. Fecko (2011)



- De modo a monitorizar a temperatura em pontos específicos da coquilha, foram introduzidos termopares no estudo, selecionando a opção → **Rigging Sensor elements** , estes pontos serão apresentados nos casos específicos posteriormente.

- Os parâmetros de vazamento foram definidos selecionando a opção → **Technology Filling parameters** :

- Selecionar o **Pouring type: Gravity casting** como tecnologia de fundição, sendo o fator de atrito (**Friction factor**) definido para este tipo de vazamento que por norma varia entre 0,5 – 0,9; I.Vaskova, D. Fecko (2011)
- O caudal de vazamento (**flow**) foi definido para cada caso, através das seguintes expressões, pois depende do peso total do conjunto peça gito: L.C. Kumruoglu, A. O. (2008)

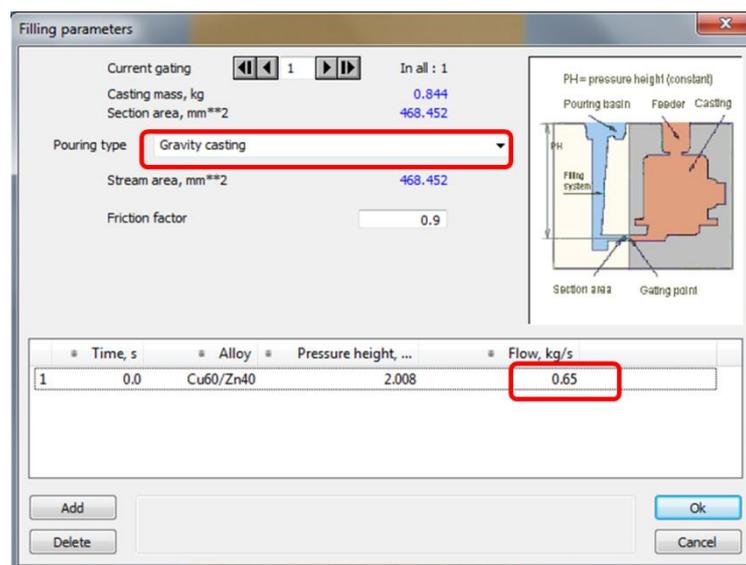
$$T_e = N \times \sqrt{P_t}$$

Densidade do latão Cu60/Zn40: 8,6g/cm³;

V_t – Volume total da peça;

P_t – Peso total da peça;

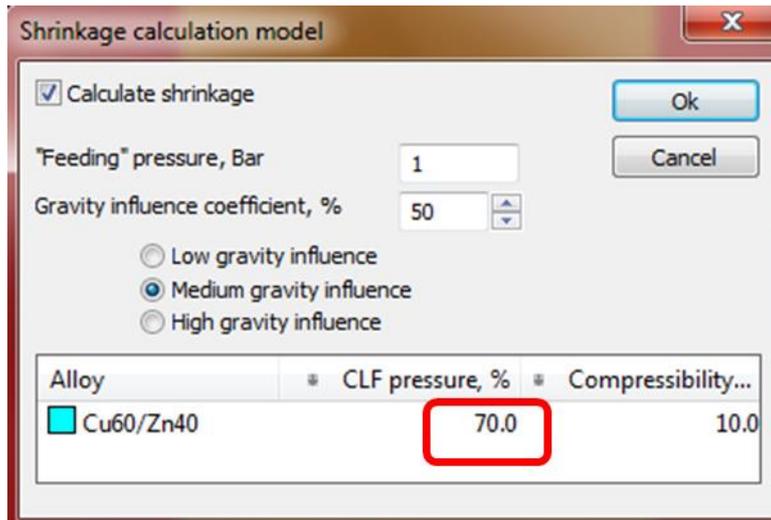
N – Fator empírico em função da espessura da peça (Espessura inferior a 10mm, N=1,7)



- Os restantes parâmetros são definidos pelo software de acordo com o próprio desenho e material selecionado para a peça.

- O cálculo da contração da peça (**Shrinkage**) foi definido selecionando a opção → **Technology Shrinkage calculation model: L.C. Kumruoglu, A. O. (2008)**

- Selecionar o **"Feeding" pressure= 1bar (pressão ambiente)**;
- Selecionar o modelo **"Medium gravity influence"** com coeficiente de 50% considerando assim a influencia da gravidade e da temperatura;
- Definir **C.L.F. Critical liquid fraction** que corresponde à proporção de fase líquida, em que ocorre a perda completa de fluidez do material vazado, em 70% (valor standard para vazamento por gravidade). I.Vaskova, D. Fecko (2011).



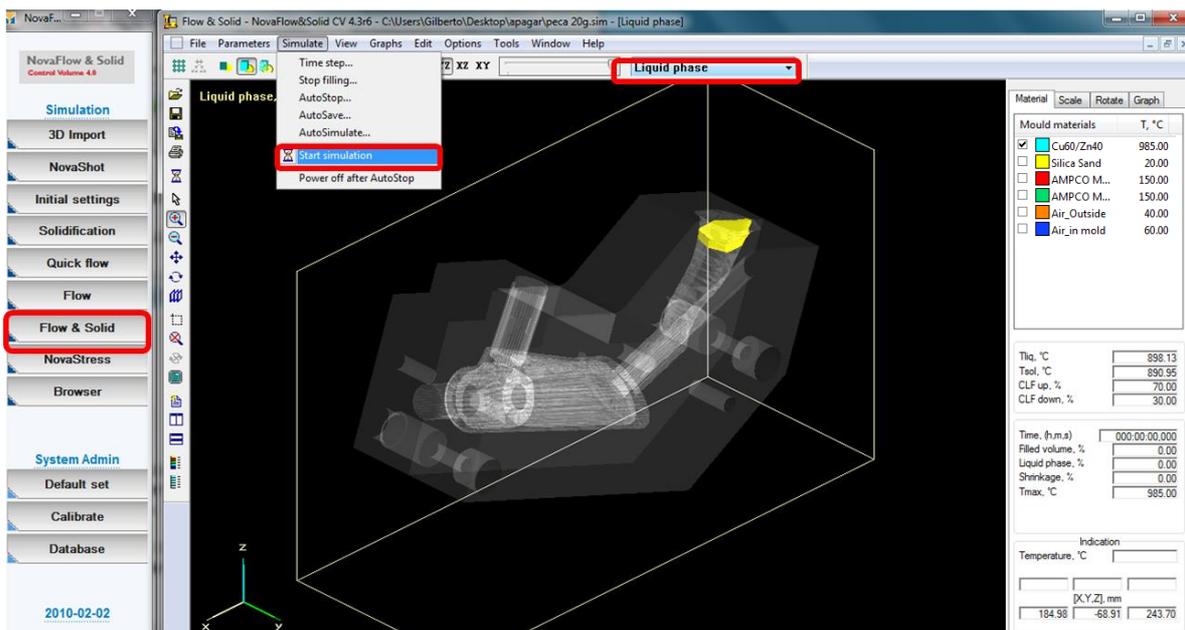
- Após estes passos foram guardados os **Initial Settings**, no formato **.sim**.

3. **FLOW & SOLID** – Módulo de Simulação

- Abrir no **Flow & Solid** o ficheiro guardado anteriormente, formato **.sim**;

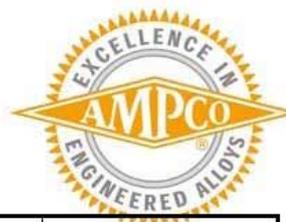
- Selecionar a opção **Simulate Start Simulation**  ;

- Após terminar a simulação Guardar resultados;



Ficha Técnica de Caracterização da liga Cu-Be utilizada no fabrico da coquilha

Technical Data Sheet AMPCOLOY[®] 88 Extrusions



Nominal composition:

Cobalt + Nickel	(Co + Ni)	2.5%
Beryllium	(Be)	0.5%
Others		max. 0.5%
Copper	(Cu)	balance

Specifications:

ISO	NFA 82100	
EN	CW 104C	Typ A3/1
D	DIN 17666	W. Nr. 2.1285
F	AFNOR	UK2Be
GB	BS	
USA	CDA RWMA	C17500 Class 3

Mechanical and physical properties	Units	Nominal Values
Tensile strength Rm	MPa	890
Yield strength Rp 0.5	MPa	680
Elongation A5	%	14
Brinell hardness	HB 30	270
Modulus of elasticity E	GPa	130
Density ρ	g / cm ³	8.75
Coefficient of expansion α	10 ⁶ / K	17
Thermal conductivity λ	W / m · K	230
Electrical conductivity γ	m / Ω · mm ²	28
Electrical conductivity	% I.A.C.S.	48
Specific heat Cp	J / g · K	0.42

Assurances given with respect to properties or uses are subject to written approval from AMPCO METAL.

APPLICATIONS:

The applications are generally the same as AMPCOLOY[®] 95. Although both alloys are identically classified, AMPCOLOY[®] 88 finds its own applications due to its slightly higher mechanical properties. AMPCOLOY[®] 88 is principally used for flash welding dies, welding wheels, electrodes for mesh welding, damper ring segments and damper rings for generators and parts for injection molding of plastic.

WARNING

Since the alloy contains 0.5 % Beryllium, it is recommended that during any operation which is liable to create dust or fumes (for example dry grinding, polishing or welding) precautions should be taken to ensure there is no inhalation or exposure to eyes or skin. Conventional machining (for example milling and turning) is not generally considered hazardous.

AMPCO METAL EXCELLENCE IN ENGINEERED ALLOYS

info@ampcometal.com

www.ampcometal.com

Figura 143 - Ficha técnica de material utilizado no fabrico de coquilhas.