

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

1. APRESENTAÇÃO DA METODOLOGIA NA GENERALIDADE

O presente estudo acolhe importantes contributos, ao nível da metodologia, da viragem de concepções e práticas de investigação educacional iniciada na década de 60 em Inglaterra, e na década de 70 nos Estados Unidos, Austrália, Nova Zelândia e Alemanha, com as abordagens da investigação interpretativa. São, segundo Erickson (1989), *todo o conjunto de abordagens da investigação observacional participante*, que aplicam ao estudo da educação os métodos qualitativos e de observação da sociolinguística e da etnografia. Tais abordagens, que segundo este autor não excluem a utilização de métodos quantitativos de análise e recolha de dados, marcam uma inflexão importante relativamente aos métodos de investigação *processo-produto* (Shulman, 1989) baseados na aplicação dos métodos quantitativos da tradição da psicologia comportamental (*behaviourismo*). Os métodos de investigação processo-produto punham a sua ênfase na caracterização dos comportamentos observáveis do professor e aluno na aula, por via estatística, e buscavam estabelecer relações de uns e outros com medidas de rendimento escolar e de desenvolvimento do aluno. Erickson (1989), entre outros, critica estes métodos de investigação que vigoraram de forma quase exclusiva desde a década de 50 aos finais da década de 70, como sendo baseados na metáfora da aula como uma caixa de Skinner. O mesmo autor, considera ser fundamental com vista à definição do objecto das Ciências Sociais e da investigação educacional em particular, estabelecer uma distinção entre *comportamento e acção: (...) uma distinção analítica crucial para a investigação*

interpretativa é a distinção entre comportamento, ou seja, o acto físico, e a acção, que é o comportamento físico mais as interpretações de significados do actor e daqueles com quem este interactua. (Erickson, 1989, pg. 214).

O sentido de *acção*, aqui preconizado por Erickson, parece-nos tornar-se mais claro com a perspectiva de Damásio (1995) quanto às noções de comportamento e de mente nos organismos vivos. Este neurocientista português fala-nos de acções deliberadas e de acções não deliberadas, para nos dizer:

Nem todas as acções comandadas por um cérebro são causadas por deliberação. Pelo contrário, é correcto assumir que a maior parte das acções causadas pelo cérebro e que estão a decorrer neste preciso momento não são de todo deliberadas. (...) Os cérebros podem apresentar muitos passos que intervêm nos circuitos que fazem a mediação entre o estímulo e a resposta e, ainda assim, não possuem uma mente, caso não satisfaçam uma condição essencial: possuem a capacidade de exhibir imagens internamente e de ordenar essas imagens num processo chamado pensamento. (...) A minha afirmação acerca de organismos que apresentam comportamento pode ser agora completada pela afirmação de que nem todos têm uma mente, isto é, nem todos possuem fenómenos mentais (o que equivale a dizer que nem todos têm cognição ou processos cognitivos). (Damásio, 1995, pg. 105).

O mesmo autor conclui que há organismos com comportamento, todavia sem cognição, e que, por outro lado todo, todo o organismo com mente tem comportamento e acção deliberada. Depreende-se que o sentido de acção, em Erickson, corresponde, em Damásio, à acção guiada pela mente.

Não considerar as interpretações e significados que os diferentes actores fazem dos objectos físicos e dos diversos agentes sociais, significa ignorar o que do ponto de vista de Erickson, faz a diferença fundamental entre as Ciências Naturais e as Ciências Sociais. O cientista ao estudar a Natureza, limita-se apenas ao que é observável e mensurável no mundo natural. Nos objectos físicos há comportamentos observáveis, mas não há acção entendida como comportamento guiado por sentimentos, desejos, atitudes, ideias, etc. Pelo contrário, no ser humano o

comportamento observável pode estar associado a múltiplos significados dos actores no processo social (Erickson, 1989; Fenstarmacher, 1989). A diferença fundamental entre as Ciências Sociais e as Ciências Naturais, estará pois nas subjectividades dos actores estudados pelas Ciências Sociais, subjectividade essa inexistente nos actores estudados pelas Ciências Naturais. Assim, *o objecto da investigação social interpretativa é a acção e não o comportamento* (observável). (Erickson, 1989).

A emergência dos métodos qualitativos e das abordagens interpretativas na década de 60, corresponde a um esforço de busca de métodos de investigação educacional mais adequados, em face do reconhecimento de diferenças de objecto tão substanciais entre as Ciências Sociais e as Ciências da Natureza.

Os primeiros programas de investigação educacional de natureza interpretativa punham ênfase na *cognição do aluno como mediadora do ensino*. Segundo Shulman (1989), *o seu foco de interesse centra-se no que os estudantes estão pensando e sentindo enquanto trabalham nas suas tarefas, no que estes fenómenos revelam acerca da mediação da instrução por parte dos estudantes* (pg. 41). Posteriormente ao reconhecimento da importância de uma abordagem cognitivista centrada no aluno, vem a reconhecer-se igualmente a importância de uma abordagem cognitivista centrada no docente, nos programas de investigação educacional. Do ponto de vista de Clark & Peterson (1989):

O pensamento, a planificação e a forma de decisões dos docentes constituem uma parte considerável do contexto psicológico do ensino. (...) Os processos de pensamento dos professores influenciam substancialmente a sua conduta e inclusive a determinam. (...) Os que se dedicam a este ramo da investigação educacional procuram, em primeiro lugar, descrever com detalhe a vida mental dos docentes; em segundo lugar, tratam de explicar como e porque as actividades observáveis da vida profissional dos docentes assumem as formas e desempenham as funções que as caracterizam. (...) A meta final da investigação sobre os processos de pensamento dos docentes consistiria em chegar a uma descrição da psicologia cognitiva do ensino que seja utilizável pelos teóricos, investigadores e planificadores educacionais, criadores de curricula, os formadores de professores, os administradores escolares e os próprios professores. (pg. 443).

Assim, rejeitando-se a noção positivista de causalidade (Erickson, 1989; Elliott, 1993), nos programas de investigação interpretativa da sala de aula têm especial relevância a cognição, quer do professor, quer do aluno - entendida como conjunto de sentimentos, atitudes, ideias e acções interdependentes - na busca de modelos explicativos da unidade social particular, turma/professor, no processo de ensino/aprendizagem. E os processos de ensino-aprendizagem sob investigação, deixam de ser abordados de uma forma genérica, para se centrarem no conteúdo específico da matéria a aprender pelos alunos (Shulman, 1989). Segundo Erickson (1989) a investigação interpretativa considera: a) a aula como um meio social e culturalmente organizado; b) o ensino (acção do professor) como apenas um dos aspectos do meio de aprendizagem reflexiva; e c) a natureza e conteúdo das perspectivas de significado dos alunos e professores como elementos intrínsecos do processo educativo. Na mesma linha de pensamento se situa a perspectiva de investigação ecológica, que segundo Hamilton (1983) assenta em quatro características: a) atenção à interacção entre as pessoas e o seu meio, vista numa perspectiva de reciprocidade e não de uma causalidade direccionada do professor para o aluno; b) o ensino e a aprendizagem são processos continuamente interactivos não havendo lugar para uma pré-definição de causas e efeitos; c) o contexto da aula é condicionado por contextos mais globais em que está inserida; e d) uma importante fonte de dados são os processos não directamente observáveis como pensamentos, atitudes, sentimentos e percepções dos participantes.

Importa sublinhar, para melhor compreensão da pertinência destas considerações relativamente à presente investigação, que o termo investigação interpretativa é suficientemente abrangente para aí incluir estudos etnográficos e estudos de caso; por outro lado não se identifica com estudos exclusivamente qualitativos, admitindo a adopção de métodos quantitativos (Erickson, 1989). Esta orientação corresponde à tese de Shulman (1989), segundo a qual a perspectiva mais fecunda para a investigação educacional é o ecletismo metodológico, ou seja, a

adopção de uma combinação de diferentes métodos. Em nosso entender, esta perspectiva poderá permitir que diferentes resultados, obtidos por diferentes métodos, se validem mutuamente; ou então favorecer um olhar crítico sobre diferentes resultados, relativamente a um mesmo fenómeno, obtidos por diferentes métodos; ou ainda pôr em evidência diferentes aspectos de um mesmo problema sendo assim complementares.

No desenho do presente estudo, há que considerar uma dimensão quase-experimental (Tuckman, 1978; Jesuino, 1986) e uma dimensão de investigação-acção (Elliot, 1993; Esteves, 1986). A dimensão quase-experimental que, representaremos pela forma

$$\begin{array}{ccc} O_1 & X & O_2 \\ \hline O_3 & & O_4 \end{array},$$

caracteriza-se pelo seguinte: a) duas turmas experimentais, do 4º ano do 1º ciclo, foram sujeitas a um pré-teste de Competências em Processos Científicos e um pré-teste de Raciocínio Lógico-Verbal no início do ano lectivo, e correspondentes pós-testes no final do ano lectivo; b) esses resultados foram comparados com os resultados de pré-testes e pós-testes dos mesmos instrumentos, a que foram sujeitas duas turmas de controle; c) as turmas experimentais foram sujeitas a um tratamento X, que consistiu no desenvolvimento de actividades científicas, ao longo de uma ano, tendo por objectivo o treino dos processos científicos.

O desenho diz-se quase-experimental porque, embora as duas turmas de controle fossem igualmente turmas do 4º ano, e cada uma pertencesse à mesma escola da correspondente turma experimental (o projecto desenvolveu-se em duas escolas diferentes), as turmas não se podem considerar equivalentes como no desenho experimental propriamente dito. Seria necessário que, em vez de se utilizarem as turmas tal como já existiam, fosse constituído um único grupo inicial com as quatro

turmas, a partir do qual se extraíam quatro grupos a constituir de forma aleatória (Tuckman, 1978; Jesuino, 1986).

A intervenção nas turmas experimentais não se limitou ao objectivo de produzir eventuais diferenças ao nível dos testes de Raciocínio Lógico-Verbal e de Competências em Processos Científicos, entre as turmas experimentais e turmas de controle. Na medida em que a pedagogia requerida no processo de treino dos processos científicos, supõe renovados papéis por parte dos alunos e do professor no processo de ensino-aprendizagem, a intervenção na turma teve igualmente como objectivos importantes produzir modificações na prática docente do professor bem como nas atitudes e comportamentos dos alunos no seu processo de aprendizagem. E porque um saber prático não se adquire por via do armazenamento, na mente, de um conjunto de proposições teóricas (Elliott, 1993), impunha-se a acção tendo em vista transformar uma situação existente numa situação desejada (Simon, 1981), em que a acção vai sendo regulada por uma permanente prática reflexiva e avaliação de resultados em situação (Goetz & LeCompt, 1988; Elliott, 1993).

Tal acção não tem o carácter de uma manipulação externa exercida por parte do investigador, a cujos desígnios se sujeitariam professor e alunos. Pelo contrário, o investigador tornou-se parte integrante da unidade social turma/professor (Goetz & LeCompt, 1988), num processo em que investigação e acção se combinam tendo em vista melhorar o conhecimento e contribuir para a mudança (Touraine, 1984). Assim a intervenção levada a cabo, teve o carácter de investigação-acção com objectivos de investigação, de inovação e de formação de competências (Esteves, 1986). De investigação, porque tem em vista a produção de conhecimento sobre a realidade da unidade social turma/professor enquanto contexto de ensino-aprendizagem e sobre o processo de ensino-aprendizagem; de inovação, porque tem por objectivo promover

modificações quer na prática dos professores, quer nas atitudes e comportamentos dos alunos, ou seja, transformar na globalidade a atmosfera da aula; de formação de competências, porque todos os participantes, incluindo o investigador, adquirem aprendizagens sociais em função dos objectivos de investigação e de inovação.

Adoptou-se a observação participante como principal técnica de recolha de dados, relativamente à dimensão de investigação-acção, conforme recomendação de vários autores, quando se adoptam métodos de investigação qualitativa e interpretativa (Esteves, 1986; Goetz & LeCompt, 1988; Biddle & Anderson, 1989; Erickson, 1989; Shulman, 1989; Elliott, 1993).

A observação participante é uma técnica por via da qual o investigador se introduz no mundo social dos sujeitos a estudar, observa e procura saber o que significa ser membro desse mundo. Tomam-se notas detalhadas dos acontecimentos presenciados e mais tarde essas notas são organizadas e codificadas de modo a que o investigador possa descobrir regularidades nos acontecimentos que se tenham produzido (...). (Biddle & Anderson, 1989, pg 111).

Segundo Erickson (1989), na investigação observacional participante é necessário:

a) a participação intensiva por um longo período de tempo no contexto de campo; b) cuidadoso registo do que acontece no contexto redigindo notas de campo e a recolha de outros tipos de documentos (por exemplo, notificações, gravações, amostras de trabalhos dos alunos, cassetes video, etc); e c) posterior reflexão analítica sobre o registo documental obtido em campo e elaboração de um informe com uma descrição detalhada, utilizando fragmentos narrativos e citações textuais extraídas das entrevistas, assim como uma descrição mais geral em forma de diagramas analíticos, quadros sinóticos e estatísticas descritivas. (Erickson, 1989, pg 199).

Segundo Esteves (1986), é frequente a identificação entre investigação-acção e observação participante. O autor tenta clarificar a distinção entre os dois conceitos, sublinhando que a observação participante enquanto técnica de estudo de uma determinada unidade social, procura minimizar ao máximo as modificações indesejáveis da realidade observada, inerentes à observação. Pelo contrário, na investigação-acção é objectivo assumido que a intervenção provoque transformação.

No presente estudo, sendo o investigador observador e agente transformador, é praticamente impossível discernir na observação participante, a intervenção em busca de significados dos actores, da intervenção tendente a transformar atitudes, acções e modos de interacção, sugerida pelos significados identificados em cada momento. É igualmente objectivo, que sejam modificados os significados dos professores e alunos, resultados afinal da formação e da aprendizagem.

Assumimos não nos preocuparmos excessivamente com as ortodoxias metodológicas, adoptando os métodos que melhor nos parecem elucidar acerca do problema específico em estudo num determinado contexto, conforme sustenta Cronbach (1982).

2. INSTRUMENTOS

2.1. Na vertente quase-experimental

2.1.1. Teste de Competências em Processos Científicos

Foi criado um Teste de Competências em Processos Científicos com 8 questões (Anexo III). As questões 1 e 2 são de observação, tendo sido a 1 extraída do teste *Walled Garden* utilizado no âmbito do *STAR Project* (Schilling et al, 1990), e a 2 extraída e adaptada de *APU Science Assessment Framework, Age 11* (DES, 1984). A questão 3a) é de classificação tendo sido extraída de Smith e Welliver (não datado), e a questão 3b) é igualmente de classificação tendo sido concebida pelo investigador. A questão 4 é de medição, interpretação de informação e previsão, tendo sido extraída igualmente do teste *Walled Garden* (Schilling et al, 1990). A questão 5 é de interpretação de informação e a questão 6 é de interpretação de informação e previsão, e foram ambas extraídas e adaptadas de *APU Science Assessment Framework, Age 11* (DES, 1984). As questões 7 e 8 requerem a identificação das variáveis independente e de controle, bem como o reconhecimento de como controlar a variável

(operacionalização de variáveis), sendo a 7 da autoria do investigador e a 8 resultado de reformulação e adaptação de uma questão do *Teste Piloto, População A, de Níveis de Desempenho em Matemática e Ciências* (GEP, 1990). Os processos contemplados no instrumento, de acordo com a lista de processos que tomámos como referência, são: observar, prever, classificar, medir, interpretar informação, identificar variáveis e operacionalizar variáveis, sendo que a identificação e operacionalização de variáveis das questões 7 e 8 são em parte planear uma investigação.

A fim de se minimizarem os efeitos associados a dificuldades de leitura e compreensão, todo o instrumento é abundantemente ilustrado.

A construção do teste

O teste, na sua primeira versão (Anexo I), foi administrado a 5 alunos do 4º ano de uma escola do centro da cidade de Braga, em Março de 92. Dos cinco alunos dois eram do sexo feminino e três do sexo masculino. Tendo em conta que o teste seria administrado em regime de pré-teste e pós-teste, havendo de permeio uma período de intervenção tendo em vista o treino dos processos científicos, pediu-se à professora da turma que indicasse os alunos que ela considerasse de melhor rendimento escolar. Considerou o investigador que nestas circunstâncias eram mais previsíveis reacções ao teste que fornecessem indicações úteis com vista ao seu aperfeiçoamento. Um bloqueamento dos alunos, por excesso de dificuldade da tarefa proposta, deixar-nos-ia sem informação quanto aos aspectos mais relevantes a carecer de reformulação.

O teste foi administrado aos alunos nas seguintes circunstâncias: a) estavam todos, investigador e alunos, informalmente sentados em redor de uma mesa, procurando-se desse modo dissipar qualquer constrangimento que impedisse os alunos de manifestarem as suas dificuldades e sentimentos em relação à tarefa; b) poderiam pôr questões sobre tudo o que não entendessem; c) não haveria limite de tempo para a sua realização; d) o investigador tomava a iniciativa de intervir quando sentia existirem dificuldades de entendimento para as quais o aluno não solicitava ajuda; e) no final procedeu-se a uma conversa informal acerca da tarefa, procurando-se que os

alunos manifestassem os seus sentimentos e significados, não só falando com o investigador, mas trocando também impressões entre si. A tarefa foi considerada concluída ao fim de 1 hora.

Do ponto de vista do investigador, os alunos mostraram-se realmente descontraídos e revelaram envolvimento e satisfação na resolução das questões. Esta administração pré-piloto permite-nos fazer as seguintes considerações:

a) foi sentida a necessidade de que ao administrar o teste, a uma turma, se devia sublinhar com bastante ênfase que só uma resposta deveria ser escolhida, assinalando-se uma só letra;

b) reconheceu-se ser adequado repetir a figura das sombras, constante da questão 4a), na questão 4b). Solicitar que desenhassem a sombra previsível entre as 15 horas e as 17 horas, remetendo os alunos para uma figura anterior, dificultava a compreensão do que se pretendia;

c) na questão 6, relativa à ponte e moedas, reconheceu-se ser necessário clarificar para toda a turma, recorrendo a um desenho no quadro, o significado de “distância entre dois tijolos”;

d) na questão 8, relativa às rampas, reconheceu-se ser mais adequado formulá-la em termos de se saber que conjunto de experiências poderiam dar resposta a um problema, do que em termos do conjunto de experiências que permitiriam confirmar ou infirmar uma determinada hipótese;

e) nas questões 7 e 8, em que os processos em causa são em ambos os casos identificação e controle de variáveis, tendo também as questões exactamente a mesma estrutura, a diferença de resultados não nos pareceu um facto aleatório. Na questão relativa às rampas todos os 5 alunos indicaram correctamente o conjunto de experiências a realizar para verificar se o tamanho das bolas tem influência na distância percorrida. Porém na questão relativa às plantas apenas dois alunos indicam correctamente as experiências a fazer para apurar se o tempo de exposição ao sol tem influência no crescimento da planta. Interpretámos estas diferenças como sendo resultado de os desenhos relativos às rampas funcionarem melhor, do ponto de vista

perceptivo, no realce das variáveis em jogo. Os diferentes tamanhos das bolas permitiriam uma mais fácil identificação da variável independente do que um vaso junto a uma janela e outro num armário. Mantivemos no entanto essas questões tal como estavam.

Com as reformulações acima sugeridas constitui-se o teste piloto (Anexo II) que foi administrado a duas turmas do 4º ano. Na primeira turma o teste foi distribuído e recomendou-se aos alunos que estivessem à vontade para perguntar tudo o que não entendessem. Este modo de administração do teste revelou-se desaconselhável por várias razões:

a) os pedidos de esclarecimento surgiam de todas as direcções, frequentemente sem qualquer esforço pessoal da parte dos alunos para entenderem as questões, o que tornava impossível um atendimento individualizado, e gerou um clima de agitação pouco propício à concentração;

b) os alunos conversavam excessivamente entre si;

c) foi visível uma certa desconcentração e desinteresse na realização do teste na parte final, provavelmente devido ao facto de o clima gerado ter induzido os alunos a não tomarem a tarefa muito a sério;

d) a professora não resistiu a intervir de forma indesejável, por vezes insistindo com ajudas que praticamente davam a resposta às questões.

A prova foi entregue por todos os alunos ao fim de 1 hora e 10 minutos.

É provável que esta situação seja resultado de um estilo particular de trabalho da professora e dos hábitos de trabalho dos alunos. Mesmo assim, em face destas dificuldades, foi decidido um outro modo de administração do teste que consiste no seguinte:

a) recomendar à professora que evite qualquer tipo de intervenção;

b) manter os alunos bem afastados, com recomendação explícita de que não podem falar uns com os outros, embora sublinhando que não se pretende avaliá-los;

c) distribuir os testes aos alunos para preenchimento, apenas, dos *Elementos de Identificação*, devendo aguardar novas instruções depois de o fazerem;

d) o investigador lê todo o teste para a turma, ao mesmo tempo que os alunos acompanham a leitura na sua prova, havendo o cuidado de clarificar o melhor possível as situações apresentadas e o modo de responder. Nessa fase é dada oportunidade para que sejam colocadas todas as questões;

f) são então distribuídas as duas folhas de árvore, necessárias para a primeira questão, a cada aluno, sendo dada autorização para iniciarem a realização da prova;

g) é dito aos alunos que não há limite de tempo, devendo realizar a prova calmamente, procedendo à sua entrega quando considerarem que a concluíram;

h) omite-se qualquer referência a pedidos de esclarecimento, não deixando no entanto o investigador de esclarecer as questões que venham a ser colocadas.

Este procedimento revelou-se adequado, tendo sido necessário cerca de 15 minutos para a leitura colectiva da prova e fornecimento de esclarecimentos; os alunos precisaram de 30 a 45 minutos para a realizarem, em atmosfera de maior silêncio e concentração. Depois de administrado o teste a 54 alunos do 4º ano, em versão piloto, procedeu-se ao cálculo dos índices de dificuldade (IDc) e dos índices discriminantes (Idf) (Tuckman, 1978). Na tabela seguinte apresentam-se esses resultados.

ID_F E ID_C DO TESTE COMPETÊNCIAS EM PROCESSOS (Versão Piloto)

Ítm	1a	1b	2	3a	3b	4a	4b	4c	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b
Idf	0,25	0,53	0,36	0,27	0,31	0,19	0,49	0,76	0,74	0,14	0,61	0,69	0,83	0,89	0,44	0,79
IDc	0,59	0,72	0,56	0,62	0,68	0,58	0,72	0,97	0,79	0,58	0,84	0,91	0,81	1	0,8	1

O índice de dificuldade é uma estimativa da probabilidade de um aluno responder erradamente a um ítem. Segundo Tuckman (1978) os ítems devem ter índices de dificuldade entre 0,33 e 0,67. Abaixo de 0,33 são considerados demasiado fáceis e acima de 0,67 são considerados demasiado difíceis. No primeiro caso estariam os ítems 1a, 3a, 3b e 5b. E no segundo caso estariam os ítems 4c, 5a, 6b, 7a, 7b e 8b.

O índice discriminante é uma medida de como o ítem distingue sujeitos com elevadas classificações globais dos que obtêm baixas classificações globais. Segundo Tuckman (1978) os ítems devem ter um índice discriminante igual ou superior a 0,67, o que significa que mais de 2/3 das respostas correctas nesse ítem se encontram no no 1/3 dos alunos com mais altas classificações. Deste ponto de vista os ítems 1a, 2, 3a, 4a e 5b não teriam suficiente índice discriminante.

Tendo em conta estas considerações, bem como a sugestão de Tuckman (1978) segundo a qual alguns ítems fáceis têm a utilidade de produzirem um efeito motivador em relação à tarefa, foi constituída uma nova versão do teste que veio a ser a definitiva (Anexo III). Foram as seguintes as alterações introduzidas:

a) substituição do ítem 3a por uma outra questão de classificação, envolvendo figuras, que estimámos ter um índice de dificuldade superior;

b) maior clareza no ítem 4c apresentando espaços separados para a justificação quanto à posição da sombra e quanto ao seu comprimento;

c) exclusão do ítem 5b;

d) apresentação da alternativa C no ítem 8a de forma diferente: substituir os três blocos em que se apoia a ponta da rampa por apenas dois.

Esta última alteração merece alguma atenção particular. É de sublinhar que as questões 7a e 8a incidem ambas sobre identificação e controle de variáveis, têm exactamente a mesma estrutura, e no entanto o índice de dificuldade baixa de 0,83 na questão 7a para 0,44 na questão 8a. Este resultado corrobora as diferenças de comportamento dos 5 alunos no ensaio pré-piloto face às duas questões. Ao analisarmos as justificações para as respostas ao ítem 8a, contidas no ítem 8b, verifica-se que parte das opções pela alternativa C, a resposta correcta, se explica pelo facto de as três rampas apresentarem a mais elevada inclinação comparativamente com as três restantes alternativas apresentadas. Justificações como *as tábuas mais inclinadas dão mais balanço*, correspondendo embora à escolha da alternativa correcta, parecem revelar que essa opção não tem o significado de correcta resolução da questão colocada. Parece existir em certos alunos uma sedução para a alternativa

correcta, não pela via do raciocínio que a resolução da questão requer, mas por efeito da pregnância perceptiva da elevada inclinação das tábuas. Ao baixar-se a inclinação das rampas, substituindo os três blocos por dois, pretendia-se eliminar o elemento perceptivo que parece dar singularidade à alternativa C, e que por esse motivo parece mascarar a natureza da questão. No entanto esta alteração não permitiu uma subida significativa do índice de dificuldade que passou de 0,44 para 0,48. Talvez a primeira interpretação que sugerimos, aquando do ensaio pré-piloto, seja mais adequada, ou seja, seria a maior “visibilidade” da variável independente, o tamanho das bolas, que tornaria mais fácil a resposta a esta questão do que à da planta e sol.

Teste em versão definitiva

O teste foi aplicado, na sua versão definitiva, a seis turmas da cidade de Braga, num total de 130 alunos, para efeito de cálculo dos índices de dificuldade e discriminante dos ítems, bem como para cálculo do coeficiente de fidelidade pelo processo da bipartição.

Em cada teste solicitava-se às crianças, para além do nome, os seguintes elementos de identificação: data de nascimento para cálculo da idade, sexo e profissão dos pais. A partir das profissões dos pais procedeu-se à classificação dos alunos em termos da variável sócio-económica, de acordo com uma grelha da Área de Análise Social e Organizacional da Educação do Instituto de Educação da Universidade do Minho (Anexo IV). No quadro seguinte caracteriza-se a amostra utilizada quanto à variável idade.

PARÂMETROS DESCRITIVOS DA IDADE DOS SUJEITOS DA AMOSTRA

Variável	Média	Dv. padrão	Mínimo	Máximo	Amplitude
Idade (anos)	9,46	0,69	8,00	13,50	5,50

(N sujeitos = 130)

Em termos da variável sexo os sujeitos distribuem.-se do seguinte modo:

FREQUÊNCIAS E PERC. POR SEXO

Sexo	Frequência	Porcentagem
Feminino	75	57,70
Masculino	55	42,30
Total	130	100

Quanto à variável sócio-económica, os sujeitos distribuem-se por quatro níveis, sendo o 1 o nível sócio-económico mais favorecido e o 4 o mais desfavorecido.

DISTRIBUIÇÃO SÓCIO-ECONÓMICA DA AMOSTRA

P. Sócio-Ec.	Frequência	Porcentagem	Percent. Ac.
1	16	12,3	12,3
2	37	28,5	40,8
3	44	33,8	74,6
4	33	25,4	100
Total	130	100	100

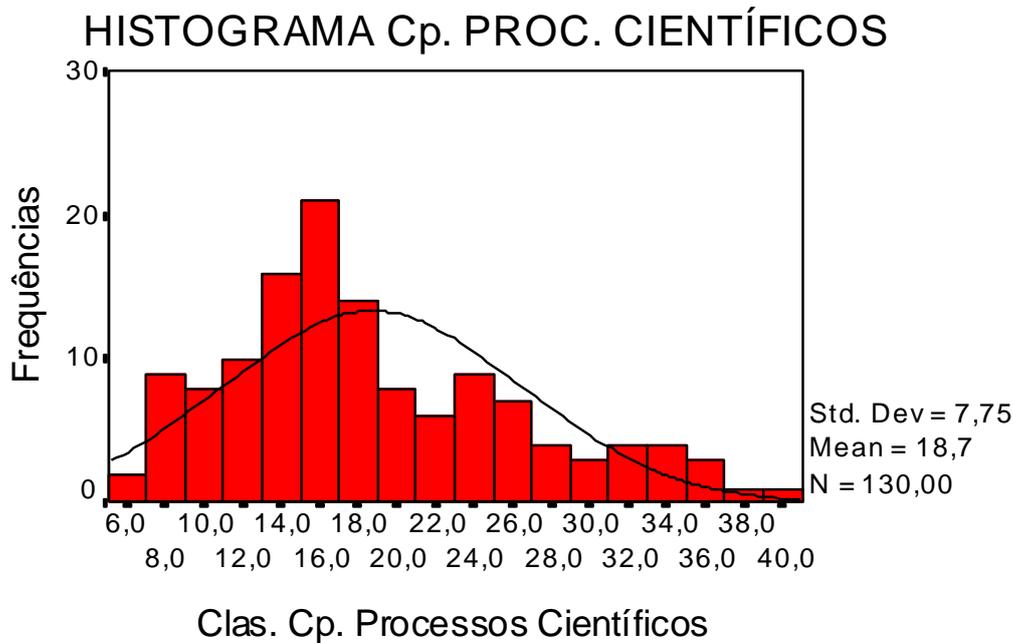
Foi calculado o coeficiente de fidelidade, pelo método da bipartição, do Teste de Competências em Processos Científicos que é de 0,83. O teste foi classificado para um máximo de 48 pontos, de acordo com os critérios contidos no Anexo III , tendo a distribuição de resultados as seguintes características descritivas.

COMPETÊNCIAS EM PROCESSOS CIENTÍFICOS

Variável	Média	Dv. padrão	Mínimo	Máximo	Amplitude
Clas. P. Cien	18,72	7,75	5,75	39,78	34,03

(N = 130)

O gráfico seguinte apresenta o histograma relativo à distribuição das classificações obtidas pelos alunos das seis turmas utilizadas, no teste de Competências em Processos Científicos.



Pode verificar-se uma concentração de elevadas frequências na metade inferior da escala o que dá lugar a um valor de *Kurtosis* próximo do zero ($Ku = -0,062$). Há uma evidente assimetria do gráfico, com uma maior dispersão de valores na metade direita da escala o que se traduz num valor de *Skewness* elevado ($Skew = 0,72$). Contudo, tendo-se aplicado o teste de normalidade de *Kolmogorov-Smirnov*, conclui-se pela rejeição da hipótese de que a distribuição não seja normal ($K-S Z = 1,2843$; $p = 0,0738$).

A distribuição quartílica a seguir apresentada, mostra-nos que 75 % dos sujeitos obtêm classificações, no teste de Competências em Processos Científicos, iguais ou inferiores a 23,84, o que corresponde a 49,67 % da classificação máxima de 48 pontos.

DISTRIBUIÇÃO QUARTÍLICA COMPETÊNCIAS EM P. CIENTÍFICOS

	Percentil			
	25	50	75	100
Valor	13,25	16,77	23,84	39,78

A média de 18,72 corresponde somente a 39 %, sendo a mediana 16,77 (34,93 %) e a moda 14,5 (30,21 %). Poder-se-ão, pois, apontar as baixas classificações obtidas como indicadoras de uma excessiva dificuldade do teste para crianças desta idade, e conseqüentemente considerar-se o instrumento pouco adequado. Mantivemos contudo o instrumento na perspectiva de que, ao ser aplicado em pós-teste, esperando-se um assinalável progresso após a intervenção nas turmas experimentais, ele não viesse a tornar-se excessivamente fácil perdendo poder discriminante.

Calculados os índices de dificuldade e de discriminação dos ítems obtiveram-se os seguintes resultados:

ID_F E ID_C DO TESTE DE COMPETÊNCIAS EM PROCESSOS

Ítm	1a	1b	2	3a	3b	4a	4b	4c	5	6a	6b	7a	7b	8a	8b
ID _f	0,25	0,53	0,36	0,27	0,31	0,23	0,49	0,76	0,72	0,61	0,59	0,74	0,77	0,48	0,75
ID _c	0,59	0,72	0,56	0,62	0,58	0,58	0,72	0,97	0,79	0,78	0,84	0,91	1	0,83	1

A razão F da Análise de Variância revela-nos diferenças altamente significativas da variável Competências em Processos Científicos em função da variável Posição Sócio-Económica.

ANÁLISE DE VARIANÇA: C. P. CIENT. em função P.S.

Fonte	DF	S. Quadrát.	Méd. Quad.	Raz. F	Niv. Signif.
Inter-grupos	3	1359,60	453,20	8,94	0,0000
Intra-grupos	126	6388,98	50,71		

Total	129	7748,58		
-------	-----	---------	--	--

É a seguinte a caracterização descritiva da variável Competências em Processos Científicos pelos diferentes grupos sócio-económicos, ordenados de 1 a 4 do mais favorecido para o menos favorecido.

COMPETÊNCIAS EM P. CIENTÍFICOS em função da P. SÓCIO-ECONÓMICA

P. Sóc.-Ec.	N	Média	Dv. Pad.	Erro Pd.	Interv. Cf. Méd. 95%
1	16	25,49	10,19	2,55	20,06 a 30,93
2	37	20,02	7,37	1,21	17,56 a 22,47
3	44	18,23	6,90	1,04	16,13 a 20,32
4	33	14,63	5,10	0,89	12,82 a 16,44
Total	130	18,72	7,75	0,68	17,37 a 20,06

Os intervalos de confiança das médias, correspondentes às diferentes posições sócio-económicas, apresentam intersecções pequenas ou praticamente nulas, como era de esperar, atendendo ao valor de F ($F = 8,94$; $p = 0,0000$). A aplicação da versão *Least-Significant Difference* da *Oneway Analysis of Variance* (SPSS) indica-nos, que das seis combinações possíveis de pares de grupos sócio-económicos, apenas as médias do grupo 2 e do grupo 3 não são estatisticamente significativas, o que corresponde à maior intersecção dos intervalos de confiança das médias.

Cinco das seis turmas, um total de 115 alunos, a que foi administrado o teste de Competências em Processos Científicos, foram igualmente sujeitas a um teste de Raciocínio Lógico-Verbal de que falaremos adiante. Verificou-se uma correlação de $r=0,55$ entre os resultados do teste de Competências em Processos Científicos e os do teste de Raciocínio Lógico-Verbal.

Importa sublinhar que dos doze processos que adoptámos como referência, apenas 8 foram contemplados no teste de Capciade em Processos Científicos, o que pode suscitar problemas de representatividade da amostra de ítems e consequentemente de validade do instrumento. A este propósito há várias considerações a fazer que retomaremos mais adiante.

2.1.2. Teste de Raciocínio Lógico-Verbal

Para a construção do teste de Raciocínio Lógico-Verbal inspirámo-nos no Teste de Competências de Raciocínio de New Jersey, bem como num dos questionários do Projecto Dialogos do Departamento de Educação da Faculdade de Ciências de Lisboa. Uma versão pré-piloto, cuja estrutura se manteve na versão definitiva, era assim constituída:

- duas questões de raciocínio dedutivo;
- duas questões de equivalência;
- duas questões de raciocínio analógico;
- duas questões de raciocínio probabilístico;
- duas questões de conflito entre raciocínio lógico e raciocínio moral;
- duas questões de raciocínio combinatório;
- duas questões de natureza silogística.

O teste pré-piloto foi administrado a seis alunos do 4º ano, em clima informal, tendo-se dado aos alunos todas as oportunidades para solicitarem esclarecimentos. Verificou-se que:

a) Na questão em que era apresentada a proposição *todas as aves são águias*, e se solicitava que indicassem a proposição equivalente, de entre três alternativas, todos os alunos optaram pela alternativa apresentada em primeiro lugar, que era *todas as*

águias são aves. Pareceu-nos que a semelhança verbal desta alternativa distractora, bem como o facto de ela ser apresentada em primeiro lugar, induzia os alunos a logo se fixarem nela dando a resposta errada. Por isso colocámos essa alternativa em último lugar a fim de incentivar os alunos a considerarem e reflectirem sobre as outras alternativas;

b) Havia uma questão em que as crianças, para responderem correctamente, tinham que reconhecer a quebra de um compromisso por parte de um pai para com o seu filho, a quem fora prometida uma recompensa por uma boa nota. A boa nota veio a ser obtida, apesar de um outro comportamento posterior poder justificar uma acção punitiva. Todas as crianças optaram por uma alternativa que representava uma solução de compromisso, mas que em rigor não respeitava promessa feita. Substituiu-se então essa alternativa por uma outra que evitasse essa contemporização e obrigasse as crianças a decidir de, forma inequívoca, se o compromisso fora ou não respeitado;

c) Numa questão de raciocínio combinatório, em que sendo apresentados dois sabores de gelados, se perguntava que conjunto de gelados se poderia fazer, as crianças não entendiam o que se pedia, tendo-se então formulado a questão em termos de *quantos gelados diferentes se podem fazer?*.

d) Uma das questões de carácter silogístico foi retirada por a resposta ser demasiado óbvia para as crianças, sendo substituída por nova questão, a nº 14 dos testes piloto e definitivo;

e) A questão em que se pretendia a identificação do cão que ladra mais alto, foi resolvida com uma facilidade não esperada. Contudo mantivemo-la na expectativa de que, requerendo uma seriação feita com base em proposições e não em objectos concretos, a questão seria mais difícil para as crianças dessa idade, em geral, do que parecia ser para estas.

Foi então elaborado o teste piloto (Anexo V), tendo em conta a experiência pré-piloto e as considerações efectuadas. O teste foi administrado a três turmas, num total de 62 alunos. Calcularam-se os índices de dificuldade e discriminante, tendo-se obtido os resultados da tabela seguinte.

ID_C e ID_F DO TESTE DE RACIOCÍNIO LÓGICO-VERBAL (Versão Piloto)

Ítm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ID _F	0,43	0,43	0,21	0,52	0,33	0,40	0,45	0,24	0,14	0,81	0,40	0,45	0,09	0,29
ID _C	0,58	0,67	0,61	0,75	0,68	0,66	0,65	0,59	0,58	0,88	0,64	0,70	0,50	0,60

Verificou-se que a questão 3 apresenta um coeficiente de dificuldade muito baixo (0,21). Revelou-se demasiado fácil estabelecer a equivalência entre *Não existe qualquer tipo de cadeiras de madeira na sala* e *Não há nenhuma cadeira de madeira na sala*. A questão foi pois reformulada.

A questão 8, com baixos índices de dificuldade e discriminante (0,24 e 0,59), foi reformulada no sentido de a resposta pretendida passar de qualitativa a quantitativa.

A questão 9 apresenta também coeficientes bastante baixos (0,14 e 0,58). As crianças acharam bastante evidente que *Não é por ser ladrão que (se) deixa de ter razão*. Essa alternativa de resposta foi pois substituída e também as outras alternativas foram reformuladas.

Na questão 13 confirma-se a facilidade já denunciada na experiência pré-piloto (0,09 e 0,5). Afinal a exigência de seriação baseada em proposições, na forma como a questão era formulada, revelou-se fácil de um modo geral. Mantiveram-se as proposições iniciais, mas foi dada às alternativas de resposta a forma de proposições

mais elaboradas que exigissem uma mais acuidada reflexão no processo de escolha da alternativa correcta.

Construiu-se então uma nova versão do teste, que veio a tomar-se como definitiva (Anexo VI), que foi administrado a três turmas do 4º ano do 1º ciclo, num total de 58 alunos. São os seguintes os índices de dificuldade e discriminante:

ID_C e ID_F DO TESTE DE RACIOCÍNIO LÓGICO-VERBAL

Ítm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ID _F	0,40	0,53	0,55	0,58	0,39	0,41	0,55	0,82	0,79	0,74	0,51	0,63	0,45	0,79
ID _C	0,60	0,78	0,59	0,61	0,68	0,67	0,65	0,71	0,75	0,79	0,78	0,83	0,67	0,81

É de notar que os índices dos ítems reformulados (3, 8, 9 e 13), exceptuando o índice discriminante do ítem 3, aumentaram substancialmente conforme o objectivo das alterações introduzidas. Verifica-se contudo uma tendência, de ligeiro aumento de todos os índices, naturalmente devida às características da nova amostra, que não é representativa, tal como não era a anterior. Só com diferentes amostras representativas é de esperar uma boa estabilidade dos índices.

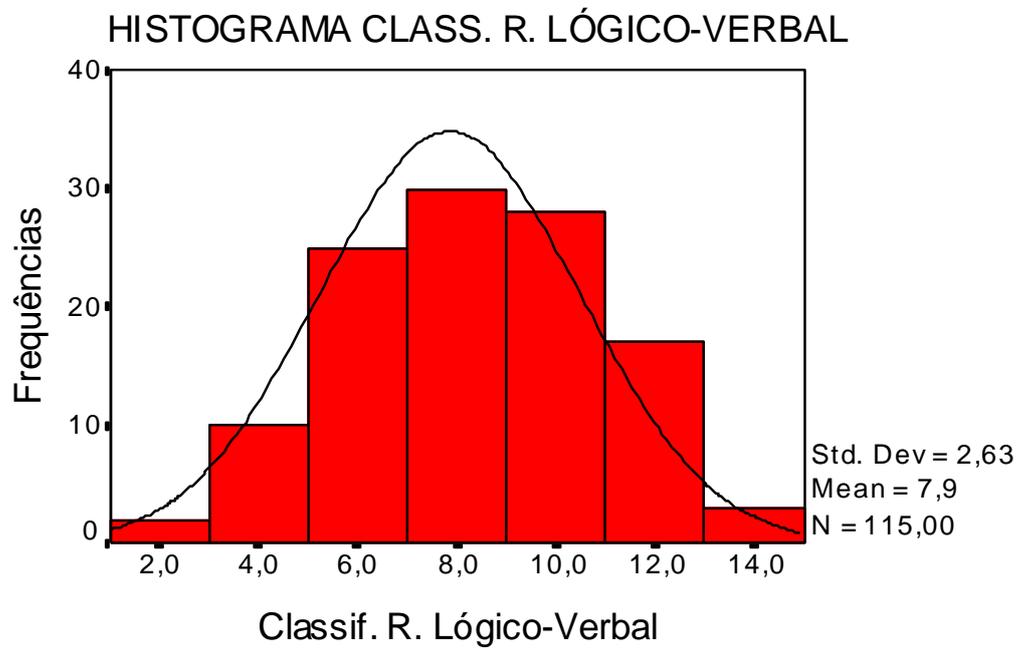
Os parâmetros descritivos da variável Raciocínio Lógico-Verbal são os seguintes:

PARÂMETROS DESCRITIVOS DA V. R. LÓGICO-VERBAL

Variável	Média	Dv. padrão	Mínimo	Máximo	Amplitude
R. L.Vbal	7,86 (46,24%)	2,63	2	13	11

(N=115)

A seguir apresenta-se o histograma relativo à distribuição das classificações de Raciocínio Lógico-Verbal.



A distribuição apresenta um valor de *Kurtosis* bastante afastado do zero ($Ku = -0,525$) e um valor de *Skewness* próximo do zero ($Skew = -0,115$). A aplicação do teste de normalidade *Kolmogorov-Smirnov* permite-nos aceitar que estamos perante uma distribuição normal ($K-S Z = 1,0517$; $p = 0,2186$).

A razão F da Análise de Variância revela-nos diferenças altamente significativas da variável Raciocínio Lógico-Verbal em função da variável Posição Sócio-Económica.

ANÁLISE DE VARIANÇA: R.L.V. em função P.S.

Fonte	DF	S. Quadrát.	Méd. Quad.	Raz. F	Niv. Signif.
Inter-grupos	3	146,1120	48,7040	8,4516	0,0000

Intra-grupos	111	639,6619	5,7627		
Total	114	785,7739			

É a seguinte a caracterização descritiva da variável R.L.V. pelos diferentes grupos sócio-económicos:

R. LÓGICO-VERBAL em função da P. SÓCIO-ECONÓMICA

Grupo	N	Média	Dv. Pad.	Erro Pd.	Interv. Cf. Méd. 95%
1	14	9,64	2,31	0,62	8,31 a 10,98
2	24	9,25	2,38	0,49	8,24 a 10,26
3	42	7,45	2,79	0,43	6,58 a 8,32
4	35	6,69	1,88	0,32	6,04 a 7,33
Total	115	7,86	2,63	0,24	7,38 a 8,35

Os intervalos de confiança das médias, para cada grupo sócio-económico, apresentam grandes zonas de intersecção nos pares extremos, verificando-se um decaimento mais acentuado na transição do grupo 2 para o grupo 3. A aplicação da versão *Least-Significant Difference* da *Oneway Analysis of Variance* (*SPSS*) indica-nos que, das seis combinações possíveis de pares de grupos, as diferenças não são significativas para os cruzamentos 1 x 2 e 3 x 4. Significa isto que a variação da variável Raciocínio Lógico-Verbal com a variável sócio-económica não é tão regular quanto a variação da variável Competências em Processos Científicos.

Foi calculado o coeficiente de fidelidade do teste de Raciocínio Lógico-Verbal pelo método da bipartição, tendo-se obtido o valor de 0,53. É um valor indicador de uma

consistência interna não muito elevada, o que não pode deixar de constituir uma limitação do teste a ser considerada.

2.2. Na vertente de investigação-acção

2.2.1. Exploração e ensaio

Ao pensar-se num projecto de intervenção, envolvendo a participação dos professores, tendo por objectivo promover o treino dos processos científicos em crianças de 9/10 anos, impunha-se ao investigador elaborar uma conjectura geral acerca de: a) objectivos que as crianças poderiam atingir em termos de competências em processos; b) estratégias de ensino-aprendizagem adequadas; e c) como preparar os professores para serem eles próprios a orientarem as actividades na sala de aula. Os contributos teóricos quanto aos diferentes aspectos citados, patentes na revisão de literatura, foram considerados manifestamente insuficientes. Havia que atender às circunstâncias do contexto em que o problema se colocava, designadamente: a) ausência de um conhecimento empírico, por parte do investigador, da realidade do 1º ciclo do Ensino Básico, com especial realce para a ausência de familiaridade com as crianças e com os professores; b) sentimento de insegurança do investigador, quer como formador, quer no ensino das Ciências às crianças; c) ausência por parte dos professores de qualquer tipo de formação e experiência de ensino das Ciências; d) uma descrença generalizada quanto à importância educativa das Ciências no 1º ciclo, sendo pois requerida da parte do investigador uma convicção acrescida, por forma a ganhar os professores para as suas propostas. Assim, para se elaborar a citada conjectura geral, ponto de partida para a intervenção sistemática que veio a ser realizada, foi necessário fazer face às condicionantes referidos. Não havia outro caminho que não fosse o investigador submeter-se a uma experiência que lhe facultasse um saber prático de como trabalhar com as crianças e com os professores.

O investigador iniciou o seu contacto com as escolas, no processo de acompanhamento dos alunos estagiários do curso de professores do 1º ciclo, no desenvolvimento de actividades de Ciências para que haviam sido formados na disciplina de Didáctica das Ciências. A observação começou por ser passiva, e foi-se tornando observação participante - assumindo o carácter de uma estratégia de formação para o estagiário - à medida que o investigador-formador foi adquirindo maior confiança no contexto da aula e construindo uma percepção, quer da natureza das suas intervenções, quer de como as efectuar de forma útil e pertinente, tendo em vista o processo de aprendizagem das crianças e o processo de formação do estagiário. Na fase mais evoluida deste processo, estagiário e investigador-formador actuavam em *team-teaching*, havendo momentos em que o investigador-formador, ora ilustrava perante o estagiário formas de orientação das actividades e de interacção com os alunos, ora sugeria ao estagiário formas de actuação tidas por mais adequadas às circunstâncias específicas da situação de ensino-aprendizagem, ao presentir dificuldades ou ao identificar insuficiências na acção do estagiário. Tendo-se concluído que não seria possível contar com os novos professores saídos da instituição para um projecto de intervenção sistemática em duas turmas, idêntico procedimento foi realizado com professores em exercício, que voluntariamente se disponibilizaram para o efeito.

Uma das primeiras aprendizagens nos ensaios efectuados, foi que deveríamos pôr de parte a veleidade de que o desenvolvimento das actividades seria suportado por uma ficha do aluno. Os alunos ficavam absorvidos pelos objectos e materiais e não se lembravam mais da referida ficha. Impor a obrigatoriedade de que lessem, de forma intermitente, um papel fornecido pelo professor, destruiria no aluno o envolvimento espontâneo e genuíno na tarefa, condição fundamental da aprendizagem activa que era preconizada. Por seu turno, os professores, precisando de algo em que se apoiar na orientação das actividades, guiavam-se pela ficha do aluno. Estes dois factos conjugados sugeriram que o investigador deveria, na sua planificação das actividades

a desenvolver, dar grande ênfase à elaboração de guias de actividades para o professor.

Foram pois elaborados alguns guias de actividades, e elaborada uma experiência piloto de implementação dos mesmos, na sala de aula, do seguinte modo:

a) Dois professores, em serviço, foram formados ao longo de 4 sessões de 1 hora e meia cada (6 horas de formação na totalidade) em encontros separados de um professor e investigador, no sentido de desenvolverem com os alunos actividades de Ciências, com ênfase nos processos científicos. Cada sessão de formação baseava-se num guia do professor, elaborado pelo investigador. A formação consistia na leitura comentada e discutida do guia de actividades, acompanhada da realização, pelo investigador, a título de demonstração, das experiências científicas que estavam previstas no guia. O professor ficava de posse do guia de actividades a fim de poder reflectir melhor sobre o mesmo e servir-se dele na própria aula. Esta opção, em termos de modalidade de formação, não corresponde à estratégia que teoricamente seria a nossa preferência, mas explica-se por razões que apresentaremos mais adiante;

b) Cada sessão de formação foi seguida de uma aula de Ciências por cada professor, em que era posta em execução o guia de actividades. O investigador, estando presente na aula, sustentava o desenvolvimento de actividades, quer dando sugestões ao professor, quer intervindo directamente na turma ou nos grupos de trabalho.

Em todo o processo de exploração e ensaio, foi importante ter-se a noção do carácter sensível e delicado da convivência entre professor ou estagiário e investigador no mesmo contexto de aula, com funções diferentes ou complementares. Assegurar uma saudável relação entre ambos, era condição para que os ensaios se realizassem com êxito, o que requereu da parte do investigador um esforço de actuação com tacto, sensibilidade, ponderação e bom senso. Foi pois uma preocupação constante, da nossa parte, evitar toda e qualquer intervenção que pudesse suscitar no professor ou estagiário sentimentos de estar a sujeitar-se a uma avaliação ou de estar a ser

criticado, bem como evitar gerar nos alunos o sentimento de que o seu próprio professor estava a ser criticado ou desautorizado nas suas funções. Foi possível uma relação de franca cooperação, em que os constrangimentos ou inibições foram minimizados, o que foi facilitado pela efectiva inserção do investigador na dinâmica da turma e a assunção, não só declarada, mas genuinamente expressa nos seus comportamentos, de que ali se encontrava numa atitude de exploração e descoberta.

2.2.2. Guias de actividades

Ao fim de cerca de dois anos de exploração e ensaio, levadas a cabo ao longo dos anos lectivos de 90/91 e 91/92, foi concebido um plano de intervenção em duas turmas do 4º ano do 1º ciclo, compreendendo 22 actividades já publicados (Sá, 1994), distribuídas ao longo do ano lectivo (exemplo em Anexo VII). O conjunto de propostas de actividade foi seleccionado tendo em consideração o seguinte:

- os tópicos de Ciências constantes do programa do 1º ciclo do Ensino Básico;
- serem especialmente apropriadas para o treino dos processos científicos, designadamente para a realização de investigações;
- serem em maior número as actividades que se estima que as crianças iriam gostar, desde logo, pela sua natureza lúdica;
- introduzir algumas actividades mais exigentes em termos de rigor e disciplina mental, com um carácter menos lúdico, numa fase em que se pressupõe já adquirido um razoável treino de utilização dos processos científicos.

A acção do professor seria sustentada por um guia de actividade, elaborado pelo investigador, sendo suposto que esse instrumento, mais a preparação da actividade em sessões de trabalho anteriores a cada uma das aulas, entre professor e investigador, seriam suficientes para que o professor ficasse apto a orientar as actividades.

Pretendia-se que o projecto fosse implementado, em duas turmas simultaneamente, ao longo do ano lectivo de 92/93, o que permitiria que as sessões de

formação reunissem os dois professores e fossem também uma oportunidade de troca de ideias e experiências entre eles. Porém, com a desistência de um dos professores ao fim de 3 aulas, vimo-nos na contingência de levar a cabo o projecto com uma das turmas em 92/93 e com outra das turmas em 93/94

É importante sublinhar que os 22 guias de actividades não estavam ainda elaborados na totalidade no início do projecto de intervenção. Nesse momento estava definida a estrutura geral do guia de actividades, estavam seleccionados os temas das 22 actividades e apenas cerca de dez guias estavam escritos, a título provisório. Considerou-se que o desenvolvimento do processo na sala de aula forneceria, ao investigador, elementos de reflexão e avaliação, que permitiriam não só melhorar os guias já escritos, assim como elaborar os que faltavam por forma a neles incorporar os ensinamentos da experiência acumulada. A necessidade de ter em conta, a todo o momento, os significados dos participantes, torna impossível entrar em campo com um conjunto definitivo e acabado de métodos e técnicas (Goetz & LeCompt, 1988). Assim, a escrita dos guias de actividades foi-se desenvolvendo na esteira do trabalho na sala de aula, de modo a poder-se melhorar a sua qualidade, quer do ponto de vista da pedagogia veículada, quer do ponto de vista da sua eficácia como instrumentos auxiliares do professor.

Entretanto, no 2º ano de desenvolvimento do projecto em 93/94, foi dada uma nova versão aos guias de actividades, com a introdução de pequenos ajustamentos, em resultado de todos os guias, na sua primeira versão, terem já sido experimentados ao longo de 92/93. Da avaliação efectuada, resultou também que a sequência das actividades, no 2º ano de desenvolvimento do projecto, não fosse rigorosamente a mesma que no primeiro. Na tabela seguinte figuram o número de aulas em cada turma experimental, respectivos temas, sua sequência e tempo de duração.

ACTIVIDADES REALIZADAS NAS TURMAS EXPERIMENTAIS

	Turma Experimental 1: 92/93		Turma Experimental 2: 93/94	
Aula nº	Tema	Tempo	Tema	Tempo
1	Combustão da vela	2H 30Mn	Observação planta e vela	2H 30Mn
2	Observação da planta	1H 15Mn	Combustão da vela	2H 30Mn

3	Espiral giratória	1H 45Mn	Espelhos; simetria	1H 45Mn
4	Espelhos; simetria	2H	Espiral giratória	2H 30Mn
5	Acender lâmpada circuito	2H	Acender lâmpada circuito	2H 30Mn
6	Condutores eléctricos	2H	Condutores eléctricos	2H 30Mn
7	Estudo altura/peso/sexo*	3H	Estudo altura/sexo*	2H
8	Temperatura:termómetro	2H 30Mn	Temperatura:termómetro	2H
9	Vento:anemómetro	2H 30Mn	Pluviosidade:pluvióm.*	3H
10	Pluviosidade:pluvióm.	2H 30Mn	O ar;esvasiar garrafa exp.	1H 30Mn
11	O ar;cap. pulmonar*	3H 30Mn	Competências pulmonar*	2H 30Mn
12	Combustão e respiração*	3 H	Combustão e respiração*	2H 30Mn
13	Evaporação 1	1H 30Mn	Vento:anemómetro	2H 15Mn
14	Evaporação 2	1H 30Mn	Evaporação 1	2H 30Mn
15	Condensação	1H	Evaporação 2	2H
16	Fact. vel. evaporação 1*	2H	Fact. vel. evaporação 1*	2H
17	Fact. veloc. evaporação 2	1H	Fact. veloc. evaporação 2	45Mn
18	O caracol 1*	3H 30mn	Condensação; ciclo água	2H 30Mn
19	O caracol 2	1H	O caracol 1*	2H 45Mn
20	Dissolução sal e tempert*	3H	O caracol 2	1H
21	A rã	3H	Dissolução sal e tempert*	2H 15Mn
22	O pêndulo*	3H 15Mn	A rã	2H 15Mn
23	Flutuação/afundamento*	2H 30Mn	O pêndulo*	3H 30Mn
24			Flutuação/afundamento*	2H 30Mn
T. total		51H 45M		54H

* Actividades em que os alunos realizaram investigações, incluindo os planos respectivos.

Estrutura dos guias de actividades

Os guias de actividades estão estruturados em: a) *Objectivos para o aluno*; b) *Material para o grupo*; e c) *Actividade*.

a) Objectivos para o aluno

Os objectivos para o aluno estão redigidos em termos de processos científicos, mas sempre reportando-se aos conteúdos científicos em estudo, e apontando para objectivos de conhecimento e compreensão dos factos e conceitos, resultantes da aplicação dos processos. Por exemplo: *Faz a inferência de que a cera passa de sólida a líquida pela acção do calor* (guia nº 1); *Faz previsões quanto ao que irá acontecer à chama da vela dentro de um frasco invertido* (guia nº 2); *Identifica regularidades, reconhecendo as características das letras que se “modificam” no espelho em contraste com as que não se “modificam”* (guia nº 3), etc. São objectivos

que contemplam a dupla dimensão de processos e conhecimento e compreensão. No entanto, assumimos promover uma educação científica com ênfase nos processos científicos, o que está expresso na forma como se inicia a redacção dos objectivos.

Porém, importa reafirmar alguns aspectos clarificadores do entendimento do investigador quanto ao significado da ênfase nos processos científicos, a fim de se evitarem equívocos resultantes da conotação que idêntica terminologia assumiu no passado. Assim entende-se que:

- Competências em processo por um lado, e conhecimento e compreensão por outro lado, potenciam-se mutuamente numa inter-dependência geradora de melhores competências em processos e mais elevados níveis de conhecimento e compreensão;

- A ênfase nos processos, que este projecto preconiza, não é redutível ao indutivismo científico no plano da aprendizagem; a reconhecida interdependência entre processos e conhecimento e compreensão sustenta uma concepção de aprendizagem em que indução e dedução são modos de pensamento igualmente importantes a desenvolver pela criança;

- Os processos não são entendidos como fragmentos de pensamento e acção discretos, sujeitos a exercícios de treino específicos. Desde a primeira hora em que chegámos a ter a veleidade de pôr em prática essa ideia, patente em alguma literatura a que tivemos acesso, ela nos surgiu como um artifício que só poderia conduzir a exercícios estéreis e entediantes para as crianças, contrários à verdadeira natureza da actividade científica. Neste projecto, os processos específicos estão quase sempre incorporados no contexto de resolução de problemas ou realização de investigações globais. Essa impossibilidade de atomização dos processos científicos está bem patente no facto de, ao pretendermos sublinhá-los nos guias de actividades, muito raramente conseguimos colocar como subtítulo um só processo científico.

Sustentamos ainda esta nossa opção por dois outros motivos:

- A ênfase nos processos da Ciência é, do nosso ponto de vista, a via mais promissora para uma efectiva mudança das práticas na direcção de um aprendizagem

activa de raiz construtivista, não só no domínio das Ciências mas nas diferentes áreas curriculares do 1º ciclo;

- Atenta a pesada tradição de ensino no 1º ciclo no nosso país, a necessidade de mudança justifica um primeiro movimento pendular de ruptura, que assuma o risco de ser criticável no plano teórico, para que de seguida se dê o movimento pendular de retorno em direcção a um equilíbrio corrector de erros e imperfeições cometidos.

b) *Material para o grupo*

O ítem *Material para o grupo* é somente uma pequena lista do material requerido para grupos de 4/5 alunos, na realização das actividades. Optou-se, em geral, por equipamentos e materiais simples e familiares para as crianças, por forma a ser garantida, tanto quanto possível, uma interpretação dos fenómenos por observação directa, sem necessidade de recurso a complexas descodificações do seu funcionamento. Materiais e equipamentos sofisticados, além de caros, não são os mais adequados para uma boa educação científica na escola primária. Por exemplo, as crianças ao investigarem a condutibilidade eléctrica dos materiais, entendem com bastante clareza que o metal de uma tesoura *deixa passar mais facilmente a electricidade* do que a grafite de um lápis, perante a observação de uma maior intensidade do brilho de uma lâmpada, quando aquela é intercalada num circuito simples, por comparação como que se passa com a grafite. A utilização de um amperímetro, em substituição da lâmpada como indicador da condutibilidade, jamais permitiria idêntico conhecimento das propriedades dos materiais em causa, já que a compreensão do significado do deslocamento do ponteiro daquele instrumento, pressupõe um elevado nível de abstracção inacessível à maioria das crianças em idade do 1º ciclo. Ainda, a título de exemplo, o conjunto das cores do arco-íris vistas num espectrómetro, muito provavelmente não é, para uma criança, mais do que uma bonita tela de cores garridas. Ao contrário, o *arco-íris* projectado no chão de uma sala, em resultado da refacção da luz solar num copo de água colocado no parapeito de uma janela, ou mesmo o conjunto de cores produzidas por um prisma óptico exposto ao

sol, reúne condições muito mais favoráveis à construção mental por parte da criança, de que a luz do sol sofre uma *transformação* ao atravessar a água ou o vidro, dando lugar ao aparecimento de diferentes cores.

Um outra preocupação com os materiais foi que fossem apelativos, no sentido de estimularem a criança a agir sobre eles, e facilmente manipuláveis sem porem em risco a sua segurança.

Dada a natureza dos materiais pretendidos, facilmente improvisados ou de baixo custo, foi recomendado aos professores que solicitassem aos alunos que fossem eles a providenciar o material necessário para cada actividade. Desse modo, a tarefa do professor ficava facilitada, e por outro lado os alunos comprometiam-se com a actividade e responsabilizavam-se pela mesma, ainda antes dela se iniciar.

c) *Actividade*

Este ítem inicia-se com a apresentação de alguma informação científica, para o professor, considerada necessária para um bom desempenho na orientação das actividades. Tal informação é apresentada numa linguagem tão simples quanto possível, no intuito deliberado de modificar as conhecidas atitudes negativas dos professores em relação às Ciências. Ao tradicional formalismo científico, frequentemente abstracto e descontextualizado, contrapôs-se uma abordagem que procura transmitir o significado dos conceitos a um nível concreto, apelando permanentemente para a forma como se expressam ao nível dos factos e situações vividas. A título ilustrativo do que acabámos de afirmar transcreve-se um excerto de um guia de actividades:

Estas actividades estão relacionadas com o princípio de Arquimedes. Segundo este princípio, qualquer corpo introduzido num líquido, fica sujeito à acção de uma força, que se exerce de baixo para cima. Essa força tem a designação de impulsão. O valor dessa força é tanto maior quanto maior fôr o volume do corpo que fica introduzido no líquido. É por essa razão que para podermos “boiar” no mar, precisamos que esteja imersa na água uma porção do nosso corpo maior do que quando nadamos normalmente. Para isso temos que nos deitar de costas e deixar cair a cabeça para trás. É o acréscimo de volume imerso, resultante de deixarmos cair a cabeça para trás, que faz aumentar o valor da impulsão, por forma a que esta seja capaz de

sustentar o peso do corpo. Nesse caso o peso do corpo e a impulsão, são duas forças com o mesmo valor, mas actuando em sentidos contrários: peso para baixo e impulsão para cima. Quando o peso é superior à impulsão, o corpo afunda-se, como acontece com um prego. Quando o peso é inferior à impulsão, o corpo sobe até ficar à superfície, como acontece com uma rolha de cortiça que seja introduzida no fundo da água.

Uma lata de metal, tapada e introduzida na água a uma certa profundidade, vem à superfície. Assim acontece porque tem um volume grande comparado com o seu peso, provocando uma grande impulsão, maior do que o seu pequeno peso. Mas se a lata fôr compactada, por forma a que não exista qualquer cavidade interior, a mesma quantidade de metal, tendo embora o mesmo peso, vai ao fundo. Assim acontece porque sendo pequeno o volume do metal, provoca uma pequena impulsão que já não é suficiente para sustentar o seu peso. No primeiro caso o volume é grande para o peso do objecto, ou seja, há uma pequena concentração de matéria. Melhor dizendo, a densidade do corpo (Peso:Volume) é pequena. No segundo caso o volume é pequeno para o mesmo peso. Há portanto uma grande concentração de matéria ou uma grande densidade. Tratando-se de pesos idênticos, são as variações de volume que provocam variações de densidade e consequentemente diferentes comportamentos na água. (Guia nº 6).

Esta introdução contempla ainda informação relativamente a ideias das crianças sobre o tópico em estudo, quando sejam conhecidas. Por exemplo:

As explicações da criança quanto à flutuação, começam por ser descritivas e atendem a um único factor. Esse factor é normalmente uma característica visível do objecto, variando a explicação de objecto para objecto. Assim temos explicações do tipo: é fino, é espalmado, é longo, é pequeno, é leve, etc. como nos relata Piaget. Posteriormente, a generalização mais frequente entre crianças, e mesmo adultos, quanto à flutuação/afundamento, é que os objectos leves flutuam e os objectos pesados se afundam. Tal explicação conduzir-nos-ia ao paradoxo de que um grão de areia é pesado e um navio petroleiro é leve. (Guia nº 6)

A apresentação das ideias intuitivas das crianças têm em vista, não somente predispor mentalmente os professores para explorarem e identificarem tais ideias nos seus próprios alunos, mas igualmente fundamentar a necessidade de que promovam actividades por via das quais as crianças tenham as oportunidades de testarem tais ideias contra a evidência. É disso ilustrativo o seguinte excerto:

Começando as crianças por dar explicações apenas em função do peso, quando se dão conta das contradições, desenvolvem a noção de que a flutuabilidade é uma propriedade de certas substâncias: corpos de madeira sempre flutuam, e corpos de ferro sempre se afundam, independentemente do seu peso. É então que se torna crucial mostrar à criança, que objectos com o mesmo peso e da mesma substância, podem flutuar ou não, consoante a sua forma, o seu volume externo. (Guia nº 6)

Depois desta introdução, segue-se o desenvolvimento de como o professor deverá orientar as actividades, sendo explicitados em cada fase os processos científicos a ser utilizados, que conforme já foi referido surgem normalmente agrupados. Aí são de destacar as sugestões quanto às formas de interacção do professor com os alunos, bem como indicações de como é previsível que as crianças reajam ou evoluam as suas aprendizagens. Exemplifiquemos:

Explorar Ideias/Prever/Classificar

Comece por fazer um levantamento das ideias que os alunos têm acerca da flutuação/afundamento.

- Dêem-me exemplos de objectos que flutuam e objectos que se afundem na água. Por que razão uns flutuam e outros não flutuam?

É provável que surja a explicação: os objectos leves flutuam e os objectos pesados afundam-se.

- Então um grão de areia é pesado e um navio petroleiro é leve?

Desafie os alunos a desmontarem este paradoxo.

- Dos objectos que vocês têm, digam os que, na vossa opinião, vão flutuar e os que se vão afundar.

Os alunos deverão preencher uma tabela como a seguinte. Faça a tabela no quadro como orientação para os alunos acerca de como fazer os registos.

<i>Flutua</i>	<i>Não Flutua</i>

Observar/Inferir

- Que deverão vocês fazer para saber se as vossas ideias estão correctas?

Após a verificação, os alunos deverão indicar em que objectos se enganaram ao fazer a previsão.

- O que é que a água faz aos objectos que são nela introduzidos?

- Se puserem uma rolha de cortiça no fundo da água, o que é que acontece? Por que razão a rolha sobe? Experimentem para ver o que acontece.

Pretende-se que os alunos façam a inferência de que a água “empurra” os objectos para cima. É provável que pensem que só existe uma acção de “empurrar”, nos casos em que é visível o movimento ascensional, ou no caso dos objectos que flutuam. Alunos universitários têm revelado esta concepção. Importa que os alunos reconheçam a impulsão como uma lei geral que se aplica a todos os corpos introduzidos na água, flutuem eles ou não. Pesquise o pensamento das crianças sobre esta questão.

- Será que um prego, no fundo da bacia também é empurrado para cima?

- Por que razão, uns são empurrados e outros não?

Deixe esta questão em aberto para uma posterior investigação. (Guia nº 6)

Nos guias de actividades utilizados no 2º ano de projecto, foi possível introduzir melhorias, em função da experiência do 1º ano. Por exemplo, depois dessa primeira experiência, pudemos incorporar no guia de actividades nº 6 o seguinte:

Verificámos que pelos nove/dez anos algumas crianças conseguem fazer uma certa coordenação entre peso e volume, para explicarem a flutuação/afundamento. Tal coordenação pode assumir diferentes formulações como: “corpo com peso grande e tamanho pequeno afunda-se”; “corpo com peso pequeno e volume grande flutua”; “quando o peso está todo no mesmo sítio o corpo afunda-se”. Em qualquer dos casos estamos perante uma noção intuitiva de densidade, para explicar o comportamento dos objectos na água. Para ter esta compreensão, a criança precisa de distinguir as noções de peso, volume e quantidade de substância. Nesse sentido, deverá compreender que o mesmo peso e a mesma quantidade de substância, podem assumir diferentes volumes externos (tamanhos). (Guia nº 6)

A título ilustrativo, apresenta-se no Anexo VII o guia nº 6 na íntegra.

A estrutura dos guias de actividades, em termos da formulação de objectivos e dos processos em que se pretende fazer ênfase em diferentes fases das actividades, teve por referência a lista de processos que consta do Anexo VIII.

Existem significativas diferenças, entre diferentes autores, quanto à sistematização de um conjunto de processos científicos a desenvolver na educação científica, considerando a terminologia e níveis de operacionalização. Funk, Okey, Fiel, Jaus & Sprague (1982), numa visão excessivamente atomística, consideram 16 processos científicos, cada um deles especificado por dois ou três objectivos comportamentais. Harlen (1992) sustenta uma perspectiva diferente, considerando cada processo científico uma categoria mais abrangente, propondo um conjunto de apenas 6 processos científicos, correspondendo cada um a cinco indicadores, em forma de acções que o aluno deve ser capaz de realizar. Tais diferenças não significam que não exista equivalência global entre os dois sistemas.

A lista de processos que adoptámos como referência na estruturação dos guias de actividades, talvez comporte o risco de transmitir a ideia de uma excessiva atomização de comportamentos e formas de pensar que pela sua natureza devem ser vistos de forma integrada. Optou-se por tentar potenciar a utilidade da linguagem comum para a introdução de algo, novo no nosso país, como é o desenvolvimento de

competências em processos científicos em alunos do 1º ciclo. Por outro lado houve a preocupação de oferecer um instrumento suficientemente operacional, que evitasse deixar na sombra aspectos menos óbvios dos processos científicos em definições mais condensadas.

Espera-se que cada processo científico fique definido pelo conjunto de objectivos, em termos do aluno, que lhe corresponde. Contudo não há nenhuma exigência de que, para se levar a cabo na sala de aula os guias de actividades, o professor tenha que estudar a lista que se apresenta. Pelo contrário são os guias de actividades e as formas de pensar e agir neles preconizadas que melhor ilustram o significado dos processos científicos.

O papel do professor

O papel do professor que é preconizado nos guias de actividades, caracteriza-se por um conjunto de competências que tem por base um trabalho de Winocur (1991), que foi reformulado, acrescentado e adaptado pelo investigador para observação e auto-análise, por parte do professor, das aulas de Ciências (ver Anexo IX). Consideramos que tal conjunto de competências cobre quatro domínios: a) a atmosfera da aula; b) perscrutar o pensamento da criança; c) cooperação e discussão; e d) desenvolvimento do pensamento e acção.

a) A atmosfera da aula

Ao falarmos de atmosfera da aula, referimo-nos ao fluxo de afectos, sentimentos e emoções, às influências recíprocas das acções de professor e alunos, a toda a estrutura de comunicação e interacção social. Tais aspectos jogam um importante papel no grau de envolvimento pessoal dos alunos nas tarefas. O professor desempenha um papel fundamental quanto ao estabelecimento de uma atmosfera da aula desejável.

O autoritarismo de um professor, expresso na imposição de normas de disciplina rígidas e não compreendidas, sem qualquer espaço para a uma apreciação crítica por parte dos alunos e insistindo na virtude moral da obediência, bloqueia a

expressão da afectividade, impede a cooperação e discussão, e promove a passividade no plano intelectual. A atmosfera da aula, em que o silêncio é em absoluto uma regra de ouro, e os castigos e repreensões uma prática corrente do professor, é um sério obstáculo ao desenvolvimento da proposta pedagógica patente nos guias de actividades.

Há que favorecer um clima de empatia, confiança e à vontade; promover uma atmosfera de liberdade, em que os alunos regulam a sua própria conduta, com a noção dos limites para além dos quais é posta em causa a saudável convivência do grupo. Trata-se de dar à criança a margem de autonomia indispensável para que o pensamento genuíno e acção própria aconteçam. Caso contrário a criança vai perdendo a iniciativa, vai ficando na dependência de ordens que executa mecanicamente, sem chama e sem alma.

O professor terá pois que aceitar como normal um certo nível de ruído na sala, resultante das conversas e discussões dos alunos em torno das actividades. Igualmente será encarada como normal a mobilidade dos alunos na sala, sem prévia autorização, decorrente de necessidades inerentes à realização das tarefas.

No início de cada actividade, o impulso natural para uma exploração livre de novos materiais deve ser respeitado. No desenvolvimento das actividades haverá picos de excitação, em que os alunos de forma mais ruidosa irão expandir as suas emoções. Nestes casos, é uma questão de tacto e sensibilidade, saber o momento em que importa intervir e como intervir, sem prejudicar o nível de investimento intelectual e emocional dos alunos.

Contudo as normas de conduta deverão ser suficientemente claras. Haverá certamente situações em que, com eficácia, será necessário fazer apelo ao respeito pelas normas compatíveis com um clima de trabalho, evitando-se que uns sejam prejudicados por outros. A rejeição do autoritarismo não deve ser confundida com a apologia de um professor sem autoridade, sem capacidade de controle da turma. Há que ter a percepção de quando a vivacidade e excitação da turma deverá ser

moderada, no sentido de serem asseguradas as condições de uma serena e pausada reflexão.

b) *Perscrutar o pensamento das crianças*

Numa pedagogia que adopta como um dos seus princípios básicos, tomar como ponto de partida as ideias da criança para se promoverem experiências de aprendizagem que permitam o desenvolvimento de ideias mais "científicas", é fundamental que o professor desenvolva competências que lhe permitam penetrar na mente do aluno. O que as crianças dizem - quer ao professor, quer entre elas - e fazem, é o principal veículo de acesso às suas ideias. Ouvir e observar atentamente, com o sentido de "ler" o pensamento das crianças é pois fundamental. Isso requer da parte do professor um esforço permanente de afastamento em relação às suas próprias ideias e expectativas de resposta para se colocar no ponto de vista da criança - pensamento dialógico (Sternberg, 1987) -, detendo-se no que dizem e fazem.

Frequentemente as crianças não exprimem com clareza o que pensam, sem que isso signifique necessariamente que não têm ideias claras. Ou utilizam palavras que não correspondem ao que pensam. É observando-os na acção, ouvindo o que dizem entre eles, solicitando que expliquem, fundamentem as ideias e mostrem por acções o que lhes vai na mente, que poderemos penetrar mais fundo no pensamento da criança. Por exemplo é frequente as crianças usarem a expressão *mais pesado* como sinónimo de mais denso. Quando após o estudo da flutuação/afundamento, foi perguntado por que razão uma lata vazia e tapada flutuava, e a mesma lata, depois de *amassada* em forma de um pedaço de metal ia ao fundo, o Bruno (10 anos) respondeu que a lata *amassada* ia ao fundo por ser *mais pesada*. Tendo-se perguntado se a lata amassada tinha mais peso do que a lata inteira, o Bruno respondeu que não, e acrescentou: *o peso da lata uniu-se e assim ela vai ao fundo*.

A arte de pescrutar a mente da criança, permitirá descortinar a origem das suas ideias, por outras palavras, saber que experiências promoveram a sua formação. Permitirá igualmente avaliar até que ponto tais ideias foram suficientemente testadas

pela evidência (Harlen, 1992). Observando as crianças na utilização dos processos científicos, poderemos avaliar o nível de desempenho em que se encontram, constituindo esse conhecimento a base para as acções posteriores tendentes à sua melhoria.

É porém de ter em conta que a disponibilidade e esforço por parte da criança em explicitar os seus pensamentos, depende muito da nossa capacidade em lhe fazermos acreditar que estamos realmente interessados no que ela pensa, e não que nos interessamos por ela apenas enquanto temos a expectativa de lhe extorquir uma resposta *certa*. O pensamento e comunicação autênticos e genuínos da parte da criança ficam bloqueados quando ela percebe, mesmo que inconscientemente, ausência de idêntica autenticidade da parte do adulto.

c) *Cooperação e discussão*

A interacção social é na perspectiva de Piaget um dos quatro factores de desenvolvimento cognitivo. Verbalizar o pensamento, clarifica e melhora o nível de pensamento. Mas mais do que isso, a discussão e partilha de ideias das crianças contribui para um considerável incremento do nível de pensamento e compreensão, relativamente às ideias individuais estanques (Barnes, 1976). Segundo Sanches (1994), estudos realizados por Skon e outros (1981) e Slavin (1983, 1990,1991), sustentam que a aprendizagem em grupos *totalmente cooperativos* é mais vantajosa em termos de desenvolvimento cognitivo e revela-se mais eficaz no desenvolvimento de processos de pensamento mais elevados. Um estudo de Sanches (1994) sustenta que os alunos, em trabalho grupo cooperativo, apresentam melhores resultados na formulação de hipóteses, elaboração de sínteses e resolução de problemas.

Falar e ouvir fornece a base para a acção (Harlen, 1992), mas é algo que acompanha toda a acção, contribuindo para a sua melhoria. Ouvir os outros, explicar e defender pontos de vista, obriga a criança a repensar as suas próprias ideias e acções, fornece novos ângulos de abordagem dos problemas.

Segundo Barnes (1976) a cooperação e discussão informais entre as crianças em trabalhos de grupo, têm uma importância acrescida, porque na *ausência* do professor, símbolo de autoridade, tudo se passa de forma mais autêntica, sem os naturais constrangimentos inerentes ao medo de *errar*. Mas não quer isto dizer que quando as crianças trabalham em grupo o professor não tem um papel a desempenhar. Bem pelo contrário, precisa de arte e engenho.

É preciso algum tempo para que as crianças aprendam realmente a trabalhar em grupo. De início, se as crianças não tiverem hábitos de trabalho de grupo, as coisas provavelmente não irão correr bem. Uma das dificuldades será que todos querem manipular ao mesmo tempo os materiais. Há que partir com a noção de que as dificuldades iniciais irão sendo ultrapassadas com tempo e paciência, e virá o dia em que o professor terá o prazer de ver os seus alunos numa atitude de desafio perante os problemas, distribuindo entre si diferentes papéis, discutindo pontos de vista e acordando modos de agir.

Quanto ao papel do professor no que respeita ao trabalho de grupo, são de ter em conta os seguintes aspectos:

- Quando o trabalho de grupo tem um propósito bem determinado, ele deve ser tornado muito claro para todos os alunos, em discussão plenária da turma;
- Frequentemente os grupos sentem uma certa inércia no início do seu trabalho, ficando sem saber o que fazer, apesar do esforço de clarificação que tenha sido feito. O professor precisa de estar atento, embora aparentemente distante, para identificar os grupos que precisam de ajuda e aproximar-se no sentido de por via de questões potenciadoras da reflexão/acção, desencadear a actividade;
- No desenvolvimento das actividades, há que observar e ouvir, focalizando a atenção ora num ora noutro grupo, por forma a poder decidir quando e como intervir junto de um grupo, ora para reorientar a tarefa no rumo correspondente ao propósito inicial, ora para ajudar os alunos a avançar e aprofundar as suas investigações;
- O professor tem a responsabilidade de decidir do momento em que o trabalho de grupo deve ser terminado. O momento adequado será aquele em que globalmente os

alunos tiverem concluído a tarefa, ou então quando considerar que há sinais generalizados de cansaço, desinteresse e falta de atenção.

d) *Desenvolvimento do Pensamento e Acção*

Competência de importância fundamental, quanto à perspectiva de aprofundar o pensamento e estimular a acção da criança é a competência de questionar. A natureza das questões pode colocar exigências de pensamento muito rudimentares, ou em alternativa níveis de pensamento elevados. As questões podem ser de resposta única - questões fechadas - ou em alternativa admitir diferentes respostas válidas - questões abertas. As questões podem estimular o exibicionismo de meninos de resposta pronta e irreflectida, ou em alternativa estimular uma atitude reflexiva, de quem pensa realmente antes de responder. As questões podem estimular o esforço de agradar ao professor, a qualquer preço, pela tentativa de adivinhação, ou em alternativa promover a honestidade intelectual de quem intervém somente quando acredita que tem realmente um contributo a dar. As questões podem apelar a respostas meramente verbais ou em alternativa fazer apelo a acções da criança sobre os objectos, materiais e seres vivos.

Neste conjunto de pares de alternativas, é o segundo tipo de questões que interessa privilegiar no contexto da educação científica das crianças. Se as questões são superficiais, incidem simplesmente sobre informação contida nos livros e o tempo de resposta é curto, a resposta torna-se uma corrida frenética para se chegar primeiro, em que os vencedores são os reprodutores de informação com reduzida propensão para a reflexão. Estes alunos não são estimulados a pensar, e os alunos com vocação reflexiva são subestimados nas suas capacidades. Questões do tipo *Quem?* e *O quê?* são de muito pouco interesse. Relevantes são as questões do tipo *Como?*, *Porquê?*, *O que aconteceria se...?*, *O que fizeste para concluir...?*, *O que farás para saber...?*, etc.

Um tempo de resposta suficiente é fundamental. E há que tornar claro que todos têm oportunidades de participação, não dependendo a sua vez de um esforço de antecipação.

Em nosso entender, uma regra básica do processo de questionar, com vista à estimulação do pensamento, é partir de questões abertas, e ir introduzindo questões progressivamente mais focalizadas, à medida que as crianças vão tendo necessidade de ajuda. Nos guias de actividades esta recomendação apresenta-se suficientemente ilustrada.

Sendo verdade que os comportamentos que agradam ao professor são naturalmente reforçados, importa que aquele manifeste preferencialmente o seu apreço pelas respostas reflectidas, por respostas em forma de acções sobre os objectos dos quais a criança pode extrair a informação requerida, ou em forma consulta de outras fontes de informação.

Sempre que uma pergunta da criança, contenha a possibilidade de ela própria obter a resposta pensando ou agindo, deverá o professor responder à pergunta com nova pergunta ou incitando à acção. Deverá evitar-se antecipar informação que retira à criança oportunidades de pensar e agir. Um informação conquistada tem um valor educativo muito superior à de uma informação fornecida.

Promover a reflexão crítica sobre resultados e procedimentos é outro importante aspecto a considerar, especialmente ao terminar uma investigação. Que outros caminhos poderiam ter sido utilizados numa investigação ? Se repetíssemos a investigação o que é que poderia ser melhorado ? Será necessário repetir a investigação, ou fazer novas investigações para podermos acreditar nestas conclusões?

A reflexão crítica não é facilmente acessível às crianças do 1º ciclo sob a forma de questões tão abertas. É contudo possível trabalhar esta dimensão do pensamento/acção, através de questões mais focalizadas, ou seja, centradas em aspectos particulares dos métodos utilizados.

Os registos da criança são uma componente importante do trabalho de Ciências. Mas ao contrário dos tradicionais exercícios de cópia do que o professor escreve no quadro, há que ajudar as crianças a adquirirem a autonomia de fazerem os registos do que é realmente importante nas suas actividades. Trata-se de registar algo

em relação ao qual a criança tem um sentimento de posse, algo que resulta da sua própria actividade (Harlen, 1992).

As dificuldades quanto ao registo de informação serão evidentes de início. As crianças têm tendência a ficar absorvidas pelos materiais, revelando dificuldade em fazer pausas para outras coisas como ler e escrever. O professor terá que ter a percepção do momento em que deverá incentivar a criança a fazer registos, sem impôr uma interrupção forçada que venha a ser prejudicial para o posterior desenvolvimento das actividades. A criança irá compreendendo que se não adquirir uma certa disciplina de registo de informação, ter-se-á esquecido dela quando precisar de reconstruir o que fez e quiser tirar conclusões.

Sem prejuízo da liberdade da criança em fazer os seus registos, haverá que dar algumas orientações. Se é apropriada uma tabela, o professor deverá fazer a tabela no quadro por forma a que as crianças a façam no seu caderno e a preencham depois; poderão ser formuladas questões, no quadro, que chamem a atenção para o que é importante que a criança registre; o professor deverá, de vez em quando, mostrar como ele próprio faria registos relativos à mesma actividade dos alunos; ocasionalmente os registos dos alunos poderão ser vistos e feitas recomendações acerca de como os melhorar.

2.2.3. Os diários de aula

No início do projecto tivemos a intenção - e pusémo-la em prática durante algum tempo - de utilizar um modelo tecnológico de observação (Erickson, 1989), ou seja, gravar as aulas em vídeo, para posteriormente fazermos uma observação e análise das mesmas. Segundo este autor, um tal modelo oferece as vantagens de permitir análises mais completas e exaustivas, e permitir adiar juízos interpretativos acerca do que acontece. Como desvantagens, aponta Erickson (1989) não permitir a intervenção do observador nos acontecimentos, bem como a ausência de contextualização do material gravado.

Começou o investigador por concentrar as suas preocupações na gravação de excertos das aulas, por si considerados mais significativos, mas logo se foi tornando cada vez mais premente a necessidade da sua participação na orientação das actividades de ensino-aprendizagem, e no suporte à acção do professor. O investigador foi tentando fazer a conciliação entre gravar e participar, redigindo até notas de campo, mas foram-se tornando cada vez mais incompatíveis as funções de *camara-man* e de observador participante. Foi ganhando consistência a convicção de que a atenção requerida no acto de gravar - o que subtraía aos alunos e professor a acção de suporte e apoio do investigador - determinava que os processos e objectivos de aprendizagem se ficassem por um nível mais superficial. Por outro lado, uma menor atenção aos acontecimentos e impossibilidade de explorar os significados, impostas pela tarefa de gravar, não era compensada *apostriori* pela observação da gravação que supostamente permitiria uma análise mais completa e exaustiva. As gravações vídeo apresentavam-nos a aula como um contexto fechado, perante o qual não poderíamos ir além de uma observação passiva. Isso retirava ao investigador a possibilidade de interacção, muitas vezes sentida como necessária perante gravações observadas, ora para explorar em maior profundidade os significados dos alunos, ora para estimular a sua reflexão - acções em que nos tínhamos sentido limitados pela tarefa de gravar.

Em síntese, a compreensão do desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem não beneficiava com o deferimento de juízos interpretativos que, a fazerem-se, careciam de uma boa base de sustentação; e a ausência ou limitação de juízos, feitos em situação, significava a exclusão do factor de regulação das acções do investigador, ficando mais pobre a aprendizagem e o processo de formação do professor. O investigador foi construindo a percepção de que a sua participação, subordinada aos significados inferidos no momento, era não só um factor de enriquecimento do processo de ensino-aprendizagem, mas igualmente um instrumento de uma mais aprofundada análise e compreensão do mesmo.

Nesse processo, os incidentes críticos ditos de inferência forte (Goetz & LeCompt, 1988; Erickson, 1989), merecem uma especial atenção. Relativamente a este aspecto em particular, uma terceira desvantagem do modelo tecnológico de observação, para além das já referidas por Erickson (1989), se tornou evidente: sendo o campo de observação da câmara limitado, e estando o investigador absorvido na tarefa da gravação, tornava-se impossível a adequada flexibilidade e mobilidade na mudança de campo, por forma a serem retidos os incidentes mais relevantes que se iam sucedendo na aula. A possibilidade de focalizar, ora um, ora outro incidente particular, requer da parte do observador uma atitude de atenção geral ao que se passa na aula, por forma a poder decidir o que merece uma focalização particular, não só em termos de observação, mas igualmente de participação. Este tipo de observação participante revelou-se de todo incompatível com a manipulação de uma câmara de vídeo.

Assim, a partir de certa altura foram abandonadas as gravações e as energias foram concentradas na participação e registo de informação. Na própria aula, anotava-se em poucas palavras os incidentes mais relevantes da aula, considerando quer a acção do professor, quer a acção dos alunos. Depois, logo a seguir à aula, por forma tirar partido da recordação ainda fresca dos acontecimentos, tendo por base as notas de campo e seguindo o guia de actividades - o que ajudava a fazer a reconstituição da aula - escrevia-se um diário de aula. Este diário é uma narrativa tão completa quanto possível da aula, onde são já incluídos comentários interpretativos baseados nas percepções do investigador, conforme recomenda Goetz e LeCompt (1988).

Pode objectar-se a estas considerações e conseqüente decisão dois possíveis argumentos:

a) o investigador poderia ficar livre para todo o tipo de participação, entregando a responsabilidade da gravação a outra pessoa, ou;

b) o investigador poderia ficar livre para todo o tipo de participação, fixando uma ou mais câmaras de vídeo que registariam, na íntegra, o desenvolvimento das aulas.

Quanto ao primeiro argumento importa sublinhar, em primeiro lugar, que só o investigador ou outro observador que actuasse no mesmo quadro teórico, poderiam seleccionar o tipo de incidentes dignos de registo. Por outro lado, não dispúnhamos de apoio institucional que pudesse assumir a forma de um técnico de vídeo ao serviço do projecto, pretensão que chegámos a manifestar quando ainda não tínhamos desistido de fazer as gravações.

Quanto ao segundo argumento importa sublinhar, desde logo, que o problema do apoio institucional assumiria maiores proporções. Contudo, a principal objecção é a nossa convicção, desenvolvida no esforço de análise de algumas gravações, de que nada de substantivo se acrescenta à análise e interpretação efectuadas na base de registo de incidentes críticos e de diários de aula. Para além disso, o visionamento e análise de extensas gravações vídeo resultava em grande dispêndio de tempo, que sentimos poder ser utilizado, de forma mais proveitosa, a reflectir sobre a nossa vivência da aula e os dados aí recolhidos, de modo a melhorar-se continuamente o processo de ensino-aprendizagem. Se, em alternativa à análise da gravação logo a seguir à aula gravada - para se poder rentabilizar o tempo do modo sugerido - decidíssemos acumular todas as gravações, deixando para o final do trabalho de campo a sua observação e análise, deparar-nos-íamos com uma imensa e árdua tarefa, de muito duvidosos resultados face à ausência de memória fresca necessária a uma adequada contextualização dos factos observados. Por outro lado, essa análise diferida para o final do trabalho de campo deixava de ser um elemento regulador das acções a desenvolver, perdendo-se uma dimensão fundamental de um processo de investigação-acção. A seguinte asserção de Zabalza (1994) constitui mais um argumento favorável à decisão tomada: *Perante as melhores expectativas de objectividade e pormenor que uma gravação (...) possa oferecer, o diário tem a vantagem do imediatismo da penetração experiencial no facto narrado por quem o narra.* (pg 19).

Um outro argumento em favor da opção em dar ênfase à escrita de diários logo após a aula, deriva da aplicação a este contexto da teoria metacognitiva acerca da

relação entre pensamento e escrita. A linguagem escrita é não só um instrumento de representação do pensamento, mas igualmente um factor de desenvolvimento do pensamento, designadamente: a) da competência de pensar com vista a uma finalidade; e b) da competência de explorar o que nos é desconhecido (Salema, 1987). Assim, a decisão tomada pelo investigador, tendo como fundamento de partida a avaliação de uma experiência por si levada a cabo, encontra igualmente fundamento na hipótese de que a escrita de diários de aula oferece melhores potencialidades de análise e compreensão do processo social decorrido na aula, do que uma observação diferida de gravações integrais em vídeo.

Tendo pois, sido abandonado o registo tecnológico, adoptou-se um modo de registo e armazenamento de observações que Erickson (1989) classifica de *sistema narrativo*. Em tal sistema: a) o registo de observações não se sujeita a um conjunto de categorias fixadas previamente; b) as observações registadas são resultado de uma selecção do observador e têm um carácter de amostragem; c) os registos são feitos numa linguagem corrente. É objectivo do sistema narrativo *obter descrições detalhadas dos fenómenos observados, explicar os processos em curso, identificar princípios genéricos e padrões de conduta em situações específicas* (Erickson, 1989, pg 323). No conjunto dos sistemas narrativos proposto por Erickson (1989), os diários de aula que efectuámos combinam o modelo de *Incidente Crítico* - na medida em que se baseiam em registos feitos na própria aula de acontecimentos relevantes - com o de *Livro de Actas*, na medida em que são uma narrativa, escrita em retrospectiva, na qual são incorporados os incidentes críticos.

A título ilustrativo apresenta-se em seguida a transcrição de um diário de aula.

Aula Nº 12; Respiração e Combustão; 2 horas e 30 mn; 13/2/94

A professora começa por perguntar, do material disponível na mesa ao centro da sala, o que é que vai ser utilizado. A Francisca (9 anos) refere a água porque “tem duas bacias” e a Sofia sugere que “se calhar também vamos utilizar o ar”; a vela, os frascos e os tubos sugerem essa ideia. A professora põe nova questão: “ para quê enchemos nós os pulmões na aula anterior ?”. “Para soprar” diz o Tiago José (9 anos) após alguma hesitação na turma. Provavelmente a professora, ao fazer esta pergunta, tem em mente a obtenção de ar expirado. Mas como não foi esse o

objectivo da expiração, na aula anterior, as respostas dos alunos não vão de encontro à sua pretensão. Nova questão da professora: “ será que a respiração tem algo a ver com a vela a arder dentro do frasco ?” Ricardo (9 anos): “ conduz ao mesmo resultado”. A professora não explora o significado desta resposta e eu não tive oportunidade de interferir nesse sentido, pois logo foi sugerido que discutissem a questão em grupo. É imediata a atitude dos alunos em iniciarem a discussão. Após alguns minutos de discussão sem interferência, quer minha, quer da professora, passa-se a ouvir o que os grupos têm para dizer. Filomeno (9 anos): “ o ar que está cá fora é oxigénio e o ar que deitamos para fora tem dióxido de carbono. Se pudéssemos encher... (o frasco) só com dióxido de carbono víamos se a vela queimava. Porque a chama consome oxigénio”. João (9 anos): “ respiramos oxigénio e expiramos dióxido de carbono e o mesmo se passa com a vela”. Zé Pedro (9 anos): “ Acontece na vela o mesmo que com as pessoas. A vela queima oxigénio, é como se fôssemos nós a respirar”. Vítor (9 anos): “Tem alguma coisa a ver ...(com a respiração). A chama precisa de oxigénio para ficar acesa. Se estivermos num quarto fechado e houver um incêndio o ar fica sem oxigénio e morremos”. Esta ideia do Vítor põe ênfase na competição pela “ posse” do oxigénio, entre a combustão e a respiração. Pôs-se então a questão de como proceder para testar a hipótese de semelhança entre a combustão e a respiração. Mais uma vez a professora incentiva os alunos a discutirem em grupo, e a professora bem como eu próprio circulamos pelos grupos e de vez em quando participamos na discussão. Aquando da comunicação das conclusões, em sessão plenária, verificou-se que todos os grupos sugerem a utilização de um frasco com ar expirado onde deveria ser colocada uma vela acesa para se ver como a chama se comporta. Na discussão - por mim suscitada quando circulava pelos grupos - acerca de como obter o ar expirado, as ideias mais espontâneas foram: soprar para dentro de um frasco; e colocar um frasco de ar invertido numa bacia com água e, com um tubo introduzido no gargalo, soprar para o seu interior na suposição de que sairia o ar que lá estava e ficaria ar expirado. Esta ideia que surgiu pelo menos em dois grupos, transfere parcialmente a experiência da aula anterior em que os alunos estiveram a medir as suas capacidades pulmonares. Quando o Zé Pedro apresentava esta ideia, a Filipa (9 anos) sugeriu em alternativa que o frasco deveria conter água inicialmente com o que o Zé Pedro concordou. Também o Vítor, o Tiago Mourão (9 anos) e a Rita (9 anos) sustentaram que o frasco deveria estar cheio de água, como forma de garantir que o ar recolhido fosse efectivamente ar exirado e não uma mistura de ar expirado e ar já lá contido inicialmente.

Na discussão plenária acerca do plano de investigação, vários alunos sugeriram medir o tempo de combustão da vela em ar expirado e em ar atmosférico, e fazer a comparação dos tempos obtidos. Nessa discussão perguntei: o que se passará com a vela em ar expirado? Algumas respostas: “ a vela vai-se apagar”; “ o ar que expiramos já está gasto, utilizado”.

Na discussão em que procurei tornar claro em que medida os alunos tinham elaborado e/ou compreendido o plano de investigação, pude concluir que parte dos alunos tinham ideia do que fazer mas revelavam certas dificuldades no processo de sistematização. Levantada por mim a questão da eventual não coincidência entre cada medição do mesmo fenómeno, vários alunos sugeriram que se deveriam fazer três medições para cada caso e achar a média aritmética, um conceito já introduzido e aplicado anteriormente. Os alunos compreenderam a necessidade de renovar o ar, em cada medição, devendo para isso agitar bem o frasco. Escrevi então no quadro o plano de investigação completo, numa sequência de diferentes passos, discutindo

com eles cada um dos passos, e os alunos passaram-no para o seu caderno. Os alunos tinham a noção de que em seguida iriam executar o plano escrito.

É na altura da execução do plano que a professora revela manifestações de impaciência e agressividade, admoestando os alunos pelo ruído que faziam. Exceptuando essas intervenções, a professora alheou-se da aula a partir do início do plano de investigação, mostrando preocupação com uma ficha que pretendia que os alunos levassem para casa, tendo distribuído as folhas em simultâneo com as actividades de Ciências, o que naturalmente teve um efeito desestabilizador. Senti que seria inconveniente da minha parte contrariar esse seu procedimento, embora dele discordasse.

Da minha observação do funcionamento dos grupos são de destacar as seguintes dificuldades: a) houve dificuldades de entendimento na distribuição das tarefas; b) manifestou-se alguma falta de consistência no fio condutor das actividades, parecendo não ser muito claro o propósito global das mesmas; c) um dos grupos praticamente não funcionou, por bloqueamento das atitudes egocêntricas do Filomeno, que tudo quer fazer e tudo quer dizer, não aceitando diferentes pontos de vistas de outros colegas que assim se vão desinteressando das tarefas; d) após a medição dos tempos de combustão das velas, parte substancial dos alunos parece considerar a tarefa terminada; foi necessário interpelá-los no sentido de calcularem as médias aritméticas e formular a conclusão.

Na formulação da conclusão - que os alunos fazem com menos interesse - há uma tendência para se afirmar somente a diferença entre as médias aritméticas, perdendo-se de vista a resposta ao problema que suscitou a investigação. Foi necessário lembrar-lhes o problema a fim de que a ele se referissem nas conclusões.

No final procurei auscultar os sentimentos e atitudes dos alunos em relação a todo o processo, dado que esta era apenas a segunda aula em que se exigia aos alunos a realização de um plano de investigação e uma maior autonomia na sua realização. A maior parte dos intervenientes revelou ter gostado especialmente da discussão inicial e das “experiências”; o André Jorge (9 anos) sublinhou que gostou muito das “experiências”; outros disseram ter gostado de tudo. Revelaram ter uma boa consciência das dificuldades sentidas no funcionamento do seu grupo: distribuição das tarefas, nomeadamente haver alunos que queriam fazer tudo sozinhos.

Sendo evidente que os registos não se subordinam a um sistema de categorias previamente estabelecido, há algumas questões que guiam o investigador na sua narrativa e apreciação do que vai acontecendo. Uma análise de alguns diários de aula permitem identificar o seguinte conjunto de questões subjacente aos relatos efectuados:

A - Relativamente aos alunos

I - Quanto ao desenvolvimento de ideias

- 1) Que ideias revelam os alunos acerca dos temas e fenómenos em estudo ?
- 2) Como fundamentam as suas ideias ?

- 3) Como relacionam as ideias com a sua experiência e aprendizagens anteriores ?
- 4) Que previsões fazem relativamente aos resultados das suas experiências ?
- 5) Dão explicações alternativas para os resultados não esperados ?
- 6) Revelam apetência por submeter as suas ideias à prova da evidência ? Como ?
- 7) Modificam-se as ideias iniciais ? Como se revelam tais modificações ?
- 8) Em que medida a discussão contribui para que os alunos reconsiderem os seus pontos de vista ? Que manifestações existem desse facto ?

II - Quanto ao desenvolvimento de processos científicos

- 1) Que dificuldades manifestam as crianças em termos dos objectivos de processos científicos previstos ?
- 2) Em que medida são superadas tais dificuldades ?
- 3) Que estratégias favorecem a aprendizagem no domínio dos processos ?
- 4) Como evoluem as crianças no desenvolvimento de competências de investigação ?
 - a) Na elaboração do plano de investigação:
 - formulação da questão e/ou hipótese em termos investigáveis;
 - identificação das variáveis independente, dependente e de controlo;
 - operacionalização das variáveis;
 - previsão de resultados.
 - b) Na execução do plano de investigação:
 - grau de autonomia;
 - sequencialidade e coordenação das acções e procedimentos práticos em vista do seu propósito;
 - registo de dados;
 - interpretação de resultados;
 - avaliação crítica de resultados e procedimentos.

III - Quanto ao desenvolvimento de atitudes

- 1) Que atitudes revelam os alunos na discussão plenária, discussão de grupo e na realização das actividades ?

2) Que consciência revelam os alunos da qualidade das suas aprendizagens pela interacção e experimentação ?

IV - Quanto ao funcionamento do grupo

1) Como funcionam os grupos do ponto de vista:

a) da liderança;

b) da cooperação;

c) da sua autonomia;

d) da participação dos diferentes membros;

2) Que amadurecimento do funcionamento do grupo é possível identificar ?

V - Que inferências se podem fazer quanto à relação entre linguagem, pensamento e acção? Que factos as sustentam ?

B - Relativamente ao(à) professor(a)

1) Como é que o(a) professor(a) faz a introdução às actividades ?

2) O (a) professor(a) explora as ideias das crianças ? Que estratégias utiliza ?

3) Estimula as crianças a testarem as suas ideias ?

4) Como se caracteriza a sua forma de pôr questões, e de interacção com as crianças ?

5) Que acções de sustentação da dinâmica do trabalho de grupo realiza ?

6) Que estratégias utiliza para ajudar os alunos a desenvolver competências em processos científicos ?

7) Como sustenta os alunos no desenvolvimento de competências de investigação ?

8) Que atitudes e comportamentos, contrários à filosofia pedagógica dos guias de actividades, revela ?

9) Em que medida o(a) professor(a) revela compreensão, envolvimento e compromisso com a pedagogia preconizada ?

É de sublinhar que estas questões se foram clarificando no desenvolvimento do projecto, sendo notório que as notas de campo bem como os diários de aula, estão em melhor conformidade com tais questões, no 2º ano de intervenção do no 1º ano. A este propósito importa reter Goetz e LeCompte (1988): *A maior parte dos etnógrafos*

começam por registar tudo o que interessa dentro da sua esfera perceptiva. Posteriormente, o âmbito do registo vai-se limitando progressivamente até que se obtêm unidades de análise (...)(pg 176).

2.2.4. Testes de rendimento parcial

Em ambas as turmas experimentais foram administrados testes de rendimento parcial, ao fim dos primeiro, segundo e terceiro períodos lectivos (Anexo X). Era objectivo dos testes parciais obter informação acerca do grau de aprendizagem, em três momentos diferentes, no decurso da experiência, por forma a obterem-se indicações acerca do seu êxito, e que ao mesmo tempo funcionasse como elemento regulador da acção subsequente. Cada teste reporta-se apenas às actividades científicas realizadas no período lectivo correspondente, tendo as questões formuladas tido em consideração os objectivos contemplados nos guias de actividades.

O teste 1 é predominantemente sobre conhecimentos e compreensão, tendo contudo uma questão (nº 6) sobre processos. As seis questões distribuem-se do seguinte modo: 1) combustão da vela no interior de um frasco; 2) simetria das imagens de um espelho, relativamente ao objecto; 3) comportamento de uma espiral suspensa por cima de uma chama; 4) circuito eléctrico simples; 5) como testar a condutibilidade dos objectos e indicação de objectos condutores; 6) plano de investigação sobre a questão: *será que as meninas da turma são mais altas do que os meninos?*. O teste foi classificado para um *score* máximo de 46 pontos. Os alunos realizaram o teste sem estarem sujeitos a qualquer prévia limitação de tempo, tendo-se verificado que ao fim de trinta minutos todos os alunos tinham dado o teste por concluído.

No teste 2 as 9 questões distribuem-se do seguinte modo: 1) o termómetro e seu funcionamento; 2) compreensão de diferentes sensações térmicas; 3) reconhecimento do anemómetro; 4) interpretação de informação no reconhecimento

de diferentes velocidades do vento; 6) indicação da quantidade de água contida numa proveta graduada (medir); 7) conhecimento e compreensão de como esvaziar uma garrafa cheia de água invertida sobre uma bacia com água (pressão atmosférica); 8) controle da variável *tamanho do frasco* na combustão da vela em ar expirado e ar puro; 9) conhecimento e compreensão dos conceitos de evaporação e condensação; 10) interpretação de informação no reconhecimento do local, de entre dois, de maior evaporação, e conhecimento dos factores que interferem na velocidade de evaporação. As questões 1, 2, 3, 7 e 9 são de conhecimento e compreensão; e as questões 4, 6 e 8 são de competências em processos. O teste foi classificado para um *score* máximo de 46 pontos, tendo-se verificado que são necessários cerca de 40 minutos para que todos os alunos considerem o teste concluído.

No teste 3 as oito questões distribuem-se do seguinte modo: 1) conhecimento de características do caracol; 2) interpretação de informação na identificação da preferência alimentar de um animal; 3) interpretação de informação na identificação do pêndulo com maior velocidade de oscilação, e identificação das variáveis independente, de controle e dependente numa investigação; 4) controle da variável *quantidade* no estudo comparativo da solubilidade do sal e açúcar; 5) conhecimento da solubilidade da água em função da temperatura; 6) conhecimento e compreensão de algumas características da rã; 7) compreensão e aplicação da operação de multiplicar a partir de uma situação relativa à rã; 8) conhecimento e compreensão relativa à flutuabilidade dos objectos. Cinco das questões são de conhecimento e compreensão, e três questões são relativas a competências em processos científicos. O teste foi classificado para um *score* máximo de 60 pontos.

Na adopção de uma escala de classificação, recorreu-se sempre que possível a diferentes níveis de sucesso nas respostas dos alunos, em função do grau de aproximação a um critério de sucesso absoluto, conforme se pode verificar na Anexo X.

2.2.5. Entrevistas na realização da tarefa de investigação

No final da intervenção na sala de aula, tendo em vista o desenvolvimento de competências em processos científicos, todos os alunos das turmas experimentais foram sujeitos a uma entrevista individual realizada pelo investigador. Na entrevista cada aluno era solicitado a realizar uma *investigação* em face de um *problema* que era colocado. Por problema entende-se:

- *algo de que não se conhece a solução;*
- *questões que necessitem de uma resposta que tenha de ser elaborada pelo sujeito (e não apenas recordada);*
- *algo que exija criar um método para descobrir a(s) resposta(s) (isto é, como se podem obter essas respostas);*
- *um projecto pessoal.* (Novais & Cruz, 1987, pg 111).

Entende-se por investigação, no âmbito deste trabalho, o conjunto de processos de pensamento e procedimentos práticos, postos em acção na resolução de um problema, em que seja requerida a coordenação de uma variável independente, uma variável dependente e, pelo menos, uma variável controlada.

O objectivo da tarefa da investigação é estabelecer o nível de competências em processos científicos, numa perspectiva holística, de cada um dos alunos. Ao nível de desempenho das crianças, na resolução do problema proposto, chamaremos *nível de competências de investigação*.

A tarefa prática (Anexo XI) proposta às crianças é uma versão simplificada e adaptada da que foi utilizada no âmbito do *Science Teacher Action Research Project (STAR Project)*, levado a cabo entre 1986 e 1989 sob a direcção das Universidades de Liverpool e Leicester do Reino Unido (Russel & Harlen, 1990; Schilling et al, 1990). O *STAR Project* assume a especial relevância de se desenvolver processos científicos em crianças da escola primária, sublinhando que essa opção é mais fortemente recomendável nesse nível de ensino do que no nível secundário. Foi um projecto de acção-investigação com a duração de três anos - sendo os alunos envolvidos, frequentemente, diferentes em cada ano - com o objectivo de melhorar as práticas dos

professores com vista a promover nas crianças os processos científicos. Os três anos corresponderam a três fases distintas do projecto, genericamente caracterizadas do seguinte modo:

Fase 1 - os professores facultam a possibilidade de que a sua prática seja observada por membros da equipa de investigação, e permitem que os seus alunos sejam avaliados no domínio das competências em processos;

Fase 2 - os professores procuram modificar as suas práticas, tendo em conta as reflexões e orientações decorrentes de encontros frequentes entre os professores e membros da equipa de investigação, ou tendo por base a interacção na sala de aula entre professor e investigador;

Fase 3 - cada professor envolvido nas fases 1 e 2 passa ao papel de monitor de um outro colega da mesma escola, no sentido de a sua experiência de mudança das práticas ser utilizada, na sala de aula, como recurso para que outros professores melhorem as suas práticas de ensino das Ciências.

A amostra era constituída por 48 professores, nas fases 1 e 2, e 96 na fase 3. Da amostra faziam parte igualmente os alunos dos professores que frequentavam diferentes anos de escolaridade, desde o 3º ao 6º ano, tendo havido porém uma predominância dos alunos dos 5º e 6º anos.

Os processos a desenvolver eram: *observar, interpretar informação, formular hipóteses, planificar investigações, medir, registar informação, levantar questões e reflectir criticamente*. Em todas as fases do projecto, a observação da aula e avaliações escritas, *Walled Garden*, (Schilling et al, 1990) e práticas, *Water Sprinkler*, (Russel & Harlen, 1990) dos alunos em competências em processos sustentam as decisões que vão sendo tomadas. Um dos instrumentos de avaliação foi uma *actividade prática que requeria que os processos científicos fossem utilizados no contexto de uma investigação global, em que o desempenho fosse observado e a interacção entre o observador e a criança poderia clarificar as intenções por detrás de certas acções* (Russel & Harlen, 1990, pg 12). A actividade prática desenvolvia-se

em torno do funcionamento de um dispositivo designado *Water Sprinkler* (espalhador de água), mas que na nossa investigação decidimos chamar *Rodízio Movidado a Água*.

A administração da tarefa no *STAR Project* é relativamente complexa e trabalhosa, conforme reconhecem os autores, ao assumirem que *qualquer projecto que simplifique a administração é bem vindo* (Russel & Harlen, 1990, pg 41). Foi isso que fizemos, tendo sido levadas em consideração as características particulares deste projecto de investigação.

O dispositivo utilizado era composto por um frasco de plástico em forma de um paralelepípedo, com a capacidade de 500 cm³, suspenso de um suporte com gancho por um fio de pesca. O rodízio fica pronto fazendo-se dois orifícios, nas paredes laterais, junto à base do frasco, e junto a dois vértices em posições diagonalmente opostas. Depois de introduzida água, esta passa a sair em esguicho pelos orifícios laterais, o que gera um binário de forças, em consequência do princípio de acção-reacção, produzindo-se assim um movimento de rotação com sentido contrário ao sentido de saída da água. A rotação vai provocando a torção do fio, produzindo-se um binário de intensidade crescente e sinal contrário ao binário gerador do movimento, de tal modo que o movimento, inicialmente acelerado, depois de uma velocidade máxima, entra em desaceleração, pára, e acaba por inverter o seu sentido.

Tendo em vista um processo de familiarização dos alunos com a situação com que se iriam defrontar, o rodízio foi mostrado a cada uma das turmas uma semana antes de se iniciarem as entrevistas, tendo-lhes sido dito que as “conversas” com eles se relacionariam com aquele dispositivo. Foi solicitado a um aluno que com os seus dedos tapasse os orifícios, e a outro que enchesse o frasco. Antes de se destapar os orifícios, os alunos tiveram a oportunidade de preverem e discutirem o que iria acontecer. Finalmente puderam observar, por mais de que uma vez, o movimento do rodízio.

Apresentam-se na tabela seguinte, as diferenças fundamentais na utilização do rodízio em termos de contexto, objectivos e modo de administração da tarefa, entre o *STAR Project* e o presente projecto.

DIFERENÇAS NA UTILIZAÇÃO DO RODÍZIO NA AVALIAÇÃO DE PROCESSOS CIENTÍFICOS

STAR Project

1. O projecto está primordialmente centrado na melhoria das práticas dos professores, sendo os resultados da avaliação dos alunos um factor de mediação no processo de mudança das práticas.
2. Amostra: 48 + 48 professores e respectivas turmas, predominantemente dos 5º e 6º anos de escolaridade; apenas 6 alunos de cada turma foram sujeitos à entrevista.
3. Objectivo da tarefa: obter informação quanto ao desempenho dos alunos em oito processos científicos diferentes.
4. Problema apresentado: será que o frasco roda tanto depois de cheio como enquanto a água se escoar ?¹
5. Realizaram-se entrevistas piloto que foram gravadas e posteriormente analisadas para se apurar uma estrutura padronizada de realização da entrevista.

Projecto Actual

1. O projecto está primordialmente centrado nas aprendizagens dos alunos, em termos de utilização dos processos para a mudança de ideias, sendo as insuficiências da prática dos professores supridas pela intervenção do investigador.
2. Amostra: dois professores e duas turmas do 4º ano de escolaridade; todos os alunos das duas turmas foram sujeitos à entrevista.
3. Objectivo da tarefa: obter informação quanto ao desempenho dos alunos na realização do projecto global de investigação.
4. Problema apresentado: será que a quantidade que se introduz no frasco influencia a velocidade com que o frasco roda ?
5. A análise da tarefa *Water Sprinkler* do *STAR Project*, e a experiência do investigador de interacção com as crianças na realização de investigações, permitiram que fosse concebida uma forma de entrevista padronizada, sem recurso a entrevistas piloto e análise de gravações video².

¹ Esta formulação parece-nos ambígua, especialmente para as crianças, pois fica-se sem saber se a expressão *roda tanto* (*spin as much*) se refere à velocidade de rotação ou ao tempo de rotação do frasco. Por outro lado a distinção de dois períodos de tempo, que está subjacente na questão, é demasiado subtil e incoerente: parece-nos que se pretende significar um tempo imediatamente após o início da rotação com o frasco cheio, e outro numa fase mais avançada do escoamento, estando já o frasco parcialmente vazio. Porém a expressão *enquanto a água se escoar*, pretendendo referir-se a este segundo tempo, abrange também o primeiro, dado que o movimento se inicia com a saída da água. É provável que estas objecções derivem de questões linguísticas, designadamente, uma falta de equivalência semântica entre a proposição em inglês e a correspondente tradução à letra em português. Por isso aqui deixamos a formulação original do problema: *Does the bottle spin as much after it's emptied as it did when the water was coming out ?*

² Deve acrescentar-se que tivemos inicialmente intenção de proceder a tais gravações, porém, confrontámo-nos com a situação de falta de apoio institucional que providenciasse a disponibilização de um técnico para o efeito.

6. A familiarização fez-se com recurso a um poster, que ilustrando os materiais necessários, incitava os alunos a construir um espalhador de água para regar sementes em germinação. O poster permaneceu na sala durante duas semanas.
7. As entrevistas foram realizadas por diferentes membros da equipa de investigação que foram treinados no sentido de seguirem uma estrutura padronizada.
8. Tempo da entrevista: 45 minutos ou mais.
9. Remete-se para a criança toda a responsabilidade de conduzir a investigação, disponibilizando-se o investigador somente para realizar as acções que ela solicitar.
10. O critério de sucesso nos diferentes ítems previstos baseia-se num sistema binário do tipo *Sim* e *Não*.
11. Os indicadores para a avaliação do processo *planificar investigações* obtêm-se por via da revisão da investigação efectuada.
12. O protocolo da actividade remete as diferentes respostas e acções dos alunos para um registo a fazer num sistema de códigos.
6. O rodízio já construído foi apresentado na turma uma semana antes de se iniciarem as entrevistas. Os alunos tiveram oportunidade de preverem o que iria acontecer depois de cheio, bem como de observarem o seu funcionamento.
7. Todas as entrevistas foram realizadas pelo único investigador, que baseando-se embora numa estrutura padronizada de base, adequou a sua interacção ao que se considerou serem as necessidades individuais de cada aluno.
8. Tempo de entrevista: em geral não ultrapassava os 30 minutos.
9. O investigador assume desde logo uma disponibilidade para a interacção, consoante as necessidades da criança, no sentido de a estimular a ir tão longe quanto possível na realização da investigação.
10. O critério de sucesso nos diferentes ítems previstos baseia-se numa escala ordinal de quatro níveis, consoante a dimensão da interacção requerida.
11. Põe-se grande ênfase na explicitação do plano de investigação, antes de se passar à acção, não tendo sido solicitada uma revisão e reflexão crítica das acções, por questões de tempo.
12. No protocolo regista-se directamente o nível de desempenho para cada ítem, sendo depois sujeitos a uma análise mais fina com base numa Grelha de Análise dos Protocolos (Anexo XII).

A entrevista foi conduzida de acordo com o protocolo elaborado previamente, que figura no Anexo XI, tendo-se suplementarmente feito anotações sobre aspectos consideradas relevantes e não previstas no protocolo. O protocolo está estruturado em quatro partes: Exploração; Observação; Medição; e Investigação.

1-Exploração

Na exploração procura-se que a criança recorde o dispositivo, que fale do seu funcionamento e que livremente meça uma certa quantidade de água - recorrendo a

um recipiente de 0,5 litros graduado em cm^3 -, a introduza no frasco e veja o rodízio em movimento.

2-Observação

Tendo a criança enchido o frasco do rodízio de novo, enquanto o investigador mantém os orifícios tapados, solicita-se à criança que, após se ter destapado os orifícios, ela diga oralmente o maior número de observações que consegue fazer. Este procedimento é repetido por forma a serem feitas, eventualmente, observações ainda não efectuadas. Do protocolo faz parte uma lista de 10 previsíveis observações, limitando-se o investigador a assinalar as que são feitas, registando outras que não figurando na lista sejam referidas pelo aluno.

3-Medição

Nesta fase pretende-se que o aluno demonstre ser capaz de contar rotações do frasco, ou mediante ajuda do investigador, fique apto a contá-las, dado que precisará de o fazer correctamente no desenvolvimento da investigação que se propõe a seguir. Numa das paredes do frasco há uma etiqueta bem visível, esperando-se que o aluno, por sua própria iniciativa, dela se sirva como referência quando solicitado a contar rotações. Caso isso não se verifique são introduzidas questões focalizadoras que podem mesmo, se necessário, passar por uma referência explícita à etiqueta. Esta fase termina com a criança a contar um certo número de rotações por ela estipulado.

4-Investigação

Problema/hipótese

Finalmente é colocada à criança o seguinte problema: *Será que a quantidade de água que se introduz no frasco influencia a velocidade com que o frasco roda? Que achas?* Em face da resposta da criança solicita-se que formule uma hipótese quanto à relação que ela supõe existir entre as variáveis *quantidade de água* e *velocidade de rotação*.

Plano de investigação

Em seguida pergunta-se: *O que é que deves fazer para obter a resposta à pergunta efectuada?* Pretende-se deste modo que a criança, oralmente, apresente um plano de investigação, no que os alunos foram treinados nas aulas de Ciências da Natureza. O protocolo contém a especificação de cinco parâmetros que no seu conjunto perfazem o plano de investigação, tal como se apresenta a seguir.

4.2 - Plano de investigação

O que é que deves fazer para obter a resposta à pergunta efectuada ?

- a) *Sugere introduzir diferentes quantidades de água no frasco.* SA CA CMA N
- b) *Especifica duas ou mais quantidades de água diferentes.* SA CA CMA N
- c) *Sugere, para cada quantidade de água, contar o número de rotações em certo intervalo de tempo, ou ... (*)* SA CA CMA N
- d) *Sugere para cada quantidade de água, medir o tempo de um certo número de rotações. (**)* SA CA CMA N
- e) *Especifica um certo intervalo de tempo, ou ...* SA CA CMA N
- f) *Especifica um certo número de rotações.* SA CA CMA N
- g) *Sustenta que o frasco andarà com maior velocidade, no caso em que der maior número de rotações, no intervalo de tempo fixado, ou ... (***)* SA CA CMA N
- h) *Sustenta que o frasco andarà com maior velocidade, no caso em que precisar de menos tempo para dar o número de rotações fixado. (***)* SA CA CMA N

(*) A resposta c) deverá ser concomitante com as respostas e) e g) .

(**) A resposta d) deverá ser concomitante com as respostas f) e h) .

(***) Decidiu-se não pedir uma antecipação de resultados e sua interpretação, por se ter concluído que essa exigência tende a desviar os alunos do fio condutor do seu raciocínio.

Referem-se tais parâmetros a: a) identificação da variável independente; b) operacionalização da variável independente; c) ou d) identificação da variável dependente e da variável controlada; e) ou f) operacionalização da variável dependente; g) ou h) previsão de resultados e sua interpretação.

Deve sublinhar-se que em rigor a variável dependente é a velocidade de rotação. Contudo não sendo possível fazer uma medição directa de tal variável com um velocímetro, é inevitável que ela seja tratada como uma variável composta de outras duas: número de rotações e tempo. Nesse processo de decomposição, os alunos

ora tomam como medida da velocidade o número de rotações em x tempo, ora o tempo de n rotações. Este procedimento é equivalente a tomar-se o número de rotações como variável dependente e o tempo fixado como variável controlada, no primeiro caso; ou a tomar-se o tempo como variável dependente e o número de rotações como variável controlada, no segundo caso.

O desenvolvimento da investigação, quer na elaboração do plano, quer na sua execução, processa-se com variáveis graus de interacção e ajuda da parte do investigador, de acordo com as necessidades que, através do diálogo e observação do comportamento do aluno, forem sendo reconhecidas como necessárias. O aluno pode assim realizar a investigação em completa autonomia; realizá-la de uma forma mais ou menos sustentada pelo investigador; ou simplesmente não ser capaz de lhe dar qualquer rumo com nexos, apesar de toda a sustentação fornecida. À medida que o aluno vai dando resposta, ou não, aos diferentes parâmetros previstos, e dependendo do grau de interacção e ajuda requeridas, o investigador vai assinalando no protocolo individual do aluno um, de quatro possíveis níveis de resposta, em cada parâmetro: SA, CA, CMA, N. São os seguintes os significados destes símbolos, conforme consta do instrumento:

SA - Sem Ajuda. Quer isto dizer que o aluno dá a resposta assinalada, sem necessidade de outras interacções, para além da questão genérica que é formulada.

CA - Com Ajuda. Neste caso a resposta assinalada, surge na sequência de uma questão focalizadora, que pretende ajudar a criança a ir mais além. Por exemplo, assinala-se CA, quando a criança se refere a duas quantidades de água diferentes no ponto 4.2, após a questionarmos sobre quantas quantidades de água terá que utilizar, não se tendo referido a esse aspecto por sua iniciativa própria.

CMA - Com Muita Ajuda. Neste caso a pergunta focalizadora não é suficiente, tornando-se necessário recorrer a novas questões que apelem a uma maior reflexão da criança. Por exemplo, assinalamos CMA no ponto 4.2, quando tendo-se a criança referido a idênticas quantidades de água, temos que a fazer pensar sobre se é possível concluir algo quanto ao efeito da quantidade de água, se de cada vez que enchamos o frasco, lá colocamos a mesma quantidade.

N - Não. Quer isto dizer que após o esforço apelativo da reflexão, a criança não consegue chegar à resposta prevista.

Plano de investigação recapitulado

Uma componente que decidimos incorporar na entrevista foi a recapitulação do plano de investigação. A experiência de trabalho com as crianças, conjugada com a teoria da metacognição (Valente, 1989), deu-nos a consciência de que este esforço de recapitulação tem uma importância fundamental, do ponto de vista da clarificação e melhoria da qualidade do pensamento, enquanto antevisão de um conjunto coordenado de acções a levar a cabo para dar resposta ao problema. Nesse processo as crianças procuram mobilizar as contribuições parcelares que foram fornecendo para o plano de investigação, na interacção com o investigador, para autonomamente as articular e coordenar num todo global, que é diferente e de qualidade superior ao somatório das partes. Isto significa que as crianças são solicitadas a pensarem sobre o seu próprio pensamento, elevando-o a um nível superior, pelo controlo que exercem sobre os processos de pensamento, como são a conversão de uma visão atomística numa visão holística. A recapitulação do plano de investigação afigura-se-nos pois ter o carácter de uma estratégia metacognitiva, com potencialidades de elevar a competência de pensar e a qualidade do pensamento.

A exigência deste processo de recapitulação tem subjacente a hipótese de que os alunos, quando a ele se sujeitam, atingem níveis de execução do plano de investigação superiores aos que obteriam sem por ele passarem. Em particular, os alunos com dificuldades que se encontrem mentalmente próximos da zona de transição para uma compreensão holística da estratégia de resolução do problema, poderão beneficiar de um salto qualitativo com tal processo. Acresce que só é possível ajuizar se as respostas que vão sendo fornecidas, de forma fragmentada, às solicitações do investigador, são convertíveis numa compreensão global antecipada da estratégia de resolução do problema, pela via de uma recapitulação de forma autónoma, por parte da criança, do plano de investigação.

A recapitulação do plano de investigação, começa pela recordação da questão a que se pretende dar resposta, a pedido do investigador. Segue-se depois a descrição do plano na sua globalidade, procurando o investigador na medida do possível limitar-se a ouvir, o que contudo nem sempre é possível. O investigador vai registando, na

mesma lista de parâmetros anteriormente apresentada para o plano de investigação, o nível a que corresponde o desempenho do aluno em cada parâmetro, recorrendo à mesma escala: SA, CA, CMA, N.

Execução do plano de investigação

Concluído o plano de investigação - ou após se considerar que estão esgotadas as possibilidades de o aluno elaborar um plano de investigação que minimamente se aproxime do que é desejável -, solicita-se ao aluno que passe à acção. Se há realmente um plano, trata-se de solicitar à criança que execute o seu plano de investigação. Se ocorrer a segunda possibilidade atrás referida, então há que ter em consideração que em resposta às solicitações efectuadas, a criança tem sempre em mente fazer algo de concreto. Há então, mesmo assim, que dar oportunidade à criança de agir. Isto faz sentido, porque as crianças que nesta fase aparentemente não se distinguem, podem na acção revelar-se em níveis diferentes: umas respondem a questões relacionadas com as suas acções, de forma lógica e coerente, revelando assim que a acção concomitante com as questões suscitam uma atitude reflexiva; outras revelam acções e respostas completamente aleatórias, onde não é possível discernir qualquer nexos, lógica ou coerência.

A execução do plano de investigação, no que se refere aos procedimentos práticos, requer o auxílio do investigador. Este tapa os orifícios enquanto o aluno mede e enche o frasco; e faz a medição do tempo enquanto o aluno conta o número de rotações. Antes de se iniciar a parte experimental, a fim de se certificar que o aluno tem claro mentalmente o que se vai fazer, o investigador questiona o aluno do seguinte modo: *o que é que eu vou fazer ?; o que é que tu vais fazer ?; quando é que eu devo parar ?; quando é que tu vais parar ?.*

O investigador, observando e interagindo com o aluno quando necessário, vai fazendo, no protocolo individual do aluno, os registos correspondentes ao seu juízo relativamente ao nível de desempenho em cada um dos parâmetros previstos. É

utilizada a mesma escala que tem sido referida. Esta parte do protocolo tem a forma que a seguir se apresenta.

4.4. - Execução da investigação

a) Mede correctamente as diferentes quantidades de água estipuladas.

SA CA CMA N

b) Conta correctamente o número de rotações.

SA CA CMA N

c) Regista dados da investigação, considerando:

- A quantidade de água.

SA CA CMA N

- O tempo.

SA CA CMA N

- O número de voltas.

SA CA CMA N

d) Constroi uma tabela e regista os dados correctamente, após solicitação.

SA CA CMA N

e) Interpreta os dados correctamente, referindo-se :

- Ao número de voltas dadas em certo

SA CA CMA N

intervalo de tempo, para cada quantidade de água, ou ...

- Ao tempo de um certo número de voltas,

SA CA CMA N

para cada quantidade de água.

Especiais

anotações: _____

Classificação

No processo de classificação dos protocolos foram consideradas três partes distintas: Observação; Medição; e Investigação. A exploração não foi objecto de qualquer classificação, tendo-se entendido como uma introdução necessária dando continuação ao processo de familiarização com o dispositivo.

A consideração de três partes distintas no processo de classificação tem as suas razões. Consideramos que o corpo essencial do protocolo é a parte de investigação, dado que o objectivo da entrevista é medir o nível de competências de investigação. Logo faz sentido que esta parte seja classificada em separado. A *observação* e a *medição* não só são fases preliminares, como servem de preparação para a fase de investigação: a *observação* tem por objectivo a focalização no maior número de aspectos observáveis associados à rotação do rodízio, predispondo eventualmente a mente da criança para o problema que irá ser colocado; a medição, ou seja, a contagem de rotações, é claramente uma competência instrumental em relação à investigação, e por isso era importante que fosse dada à criança oportunidade de a

desenvolver. Contudo, decidiu-se por uma classificação separada destas duas partes do protocolo, porque o comportamento dos alunos nos induziu a pensar que o número de observações assinaladas não tinha relação com o desempenho na investigação; e que a desenvoltura em propor um método correcto para a contagem de rotações já teria a ver com o desempenho na investigação. A classificação separada destas duas componentes permite-nos testar estas hipóteses.

A parte de investigação foi classificada de acordo com uma grelha, que se apresenta a seguir, constituída a partir do protocolo.

1. PLANO GERAL

1.1. Formula hipótese quanto à relação entre a quantidade de água e a velocidade do frasco.

1.2. Introduzirá diferentes quantidades de água no frasco.

1.3. Por cada quantidade de água irá contar o número de rotações em certo intervalo de tempo, ou...

Por cada quantidade de água irá medir o tempo de um certo número de rotações.

1.4. Irá comparar os números de rotações dadas num mesmo intervalo de tempo, ou...

Irá comparar os tempos obtidos para um mesmo número de rotações.

2. PLANO OPERACIONAL

2.1. Especifica duas ou mais quantidades de água diferentes a serem medidas.

2.2. Especifica um certo intervalo de tempo durante o qual irá contar as rotações, ou...

Especifica um certo número de rotações, para as diferentes quantidades de água, cujos tempos irá medir.

2.3. Sustenta que o frasco terá maior velocidade no caso em que der mais rotações no tempo fixado, ou...

Sustenta que o frasco terá maior velocidade no caso em que precisar de menos tempo para o número de rotações fixado.

2.4. Faz uma previsão de resultados concordante com a sua hipótese.

3. PLANO DE INVESTIGAÇÃO RECAPITULADO

3.1. Recorda a questão-problema a pedido do investigador.

3.2. Especifica duas ou mais quantidades de água diferentes a serem medidas.

3.3. Especifica um certo intervalo de tempo durante o qual irá contar as rotações, ou...

Especifica um certo número de rotações, para as diferentes quantidades de água, cujos tempos irá medir.

3.4. Sustenta que o frasco terá maior velocidade no caso em que der mais rotações no tempo fixado, ou...

Sustenta que o frasco terá maior velocidade no caso em que precisar de menos tempo para o número de rotações fixado.

3.5. Faz uma previsão de resultados concordante com a sua hipótese.

4. EXECUÇÃO DO PLANO DE INVESTIGAÇÃO

4.1. Mede correctamente as diferentes quantidades de água e transvasa-as.

4.2. *Diz ao investigador o tempo que deve medir no cronómetro, ou...*

Diz ao investigador que deve parar o cronómetro quando tiver contado o número de rotações fixado.

4.3. *Conta correctamente o número de rotações, no tempo fixado, medido pelo investigador, para cada quantidade de água, ou...*

Conta correctamente o número de rotações fixado, enquanto o investigador mede os tempos correspondentes.

4.4. *Regista os dados na correcta correspondência entre as três variáveis: quantidade água, tempo e nº de rotações.*

4.5. *Regista correctamente os dados numa tabela a pedido do investigador.*

4.6. *Responde correctamente à questão-problema:*

- comparando os números de rotações, dadas no tempo fixado, correspondentes a diferentes quantidade de água, ou...

- comparando os tempos de um certo número de rotações, correspondentes a diferentes quantidade de água.

Cada parâmetro é classificado com recurso à escala SA, CA, CMA, N (Anexo XII).

Em todo o protocolo, as pontuações atribuídas seguem o seguinte critério:

- SA (Sem ajuda) : 3 pontos;
- CA (Com ajuda): 2 pontos;
- CMA (Com muita ajuda): 1 ponto;
- N (Não responde): 0 pontos.

Na parte correspondente à investigação, embora sejam calculadas as classificações globais obtidas em todo o projecto, elas são a soma de quatro classificações parcelares que se considerou deverem ser tratadas separadamente. Essas classificações parcelares dizem respeito aos níveis atingidos: no plano geral; no plano operacional; no plano de investigação recapitulado; e na execução do plano de investigação.

2.3. Os instrumentos de processos face a um modelo válido de Ciência

Uma questão fundamental relacionada com os instrumentos de avaliação de competências em processos científicos, consiste em saber em que medida esses instrumentos têm correspondência com um modelo válido de Ciência, e em que medida são elucidativos do tipo de educação científica a promover na sala de aula. A

este propósito pergunta Woolnough (1989): *Deveremos concentrarmo-nos no ensino dos processos separadamente, e esperar que eles se integram para produzir o cientista completo, ou devemos envolver os estudantes em fazer investigações ?* (pg 118). E mais adiante o mesmo autor acrescenta: *Se queremos encorajar os nossos alunos a empenharem-se na actividade científica autêntica devemos ser claros em estabelecer uma avaliação que se baseie num modelo válido de Ciência.* (Woolnough, 1989, pg 129).

No projecto *Science... A Process Approach* os processos são vistos de forma compartimentada, e constituem uma hierarquia lógica preconizando uma aprendizagem que prevê uma progressão dos processos mais simples para os mais complexos (Gagne, 1963). Bryce e outros (1987) sustentam idêntico ponto de vista e o *Warwick Process Science* constitui um outro exemplo em que os processos se apresentam com o carácter de uma estrutura lógica (Millar & Driver, 1987). Uma tal perspectiva recomenda a elaboração de instrumentos de avaliação que procure determinar o nível de desempenho em processos científicos em função do nível de complexidade do processos específicos contemplados no instrumento.

O projecto *Science 5/13*, partindo do esquema conceptual integrador *desenvolver o espírito de "inquiry" e promover uma abordagem científica dos problemas*, considera em cada processo uma sequência de desenvolvimento subordinada à sequência de estádios de desenvolvimento Piagetianos. O projecto *Science Teacher Action Research (STAR Project)* bem como o *National Curriculum* de Inglaterra, conforme os objectivos mínimos contidos na *Attainment Target 1*, não só estabelecem níveis hierárquicos para cada processo científico, como preconizam uma aprendizagem em termos de progressão através desses níveis (Russel & Harlen, 1990). Trata-se de uma outra perspectiva que recomenda a elaboração de instrumentos em que os ítems procuram determinar em que nível de desempenho em determinado processo o aluno se encontra.

Diferente ponto de vista sustentam Millar & Driver (1987) segundo os quais *nós simplesmente não temos nenhuma ideia do que constitui crescimento ou*

progressão em qualquer dos processos propostos (...) O que é formular hipóteses a um nível elementar em oposição a formular hipóteses a um nível avançado ? (Millar & Driver, 1987, pg 53). Iguamente Fairbrother (1989) considera que a ausência de uma hierarquia de progresso (...) implica a ausência de uma estratégia de ensino destinada a um progressivo desenvolvimento dos processos e retira a base essencial da avaliação formativa. (Fairbrother, 1989, pg 105).

Estas considerações põem ênfase na questão de saber se os processos científicos devem ser entendidos como uma estrutura hierarquizada, devendo a aprendizagem dos processos ser entendida como uma progressão dos processos mais simples para os mais complexos; ou se, em vez disso, é em cada processo que devem ser considerados diferentes níveis de desenvolvimento, sendo a aprendizagem uma progressão através desses níveis dentro de cada processo. No primeiro caso a aprendizagem dos processos mais complexos pressupõe a aprendizagem dos processos mais simples, sendo aqueles inclusivos destes, e cronologicamente posteriores; trata-se do que podemos designar de perspectiva diacrónica de desenvolvimento de processos. No segundo caso admite-se a progressão, em simultâneo, dentro de diferentes processos, não estando estes hierarquizados. Chamaremos a esta uma perspectiva sincrónico-diacrónica: sincrónica, porque se admite a simultaneidade de desenvolvimento em diferentes processos que deixam de ser classificados em simples e complexos; diacrónica porque a progressão dentro de cada processo, ao longo de níveis diferentes, é sequencial no tempo.

Nenhuma das perspectivas questiona o significado dos processos, tomados como entidades discretas, à luz da natureza da actividade científica. Essa é uma outra importante questão. Millar & Driver (1987) e Millar (1989), reflectindo sobre as diversas listagens de processos que abundam em variados projectos, argumentam que é superficial e enganador sustentar o método da Ciência em termos de processos discretos. Woolnough (1989) considera que a preocupação de estabelecer objectivos comportamentais para a actividade científica na sala de aula, dando lugar às listas de processos e correspondentes indicadores, *reduziram em vez de aumentarem a*

compreensão da natureza da actividade científica (pg 115).Wellington (1989) sustenta que a observação jamais pode ser avaliada de forma isolada.

Em contraponto a esta perspectiva, supostamente atomística, Qualter e outros (1990) preconizam uma perspectiva holística para a actividade científica, centrada na realização de investigações. Woolnough (1989) considera que a actividade científica autêntica tem um carácter muito pessoal, indissociável da satisfação que provoca, intimamente ligada a forças imaginativas interiores, dependente de um conhecimento tácito adquirido por via da experiência, e que se traduz na competência de realizar acções, tomar decisões e formular juízos, sem justificações explícitas. O conhecimento tácito é um conhecimento que se situa para além do conhecimento que somos capazes de explicitar, o que é muito comum no quotidiano da vida de todos nós. Consequentemente, sustenta aquele autor que se ser *bom em Ciência é ser bom a fazer Ciência*, então esta actividade deve ser entendida como uma actividade holística ligada à resolução de problemas (Woolnough, 1989). E mais adiante acrescenta o mesmo autor:

Não há dúvida de que um cientista precisa possuir competências específicas, tais como observar, medir, manipular aparelhos, registar, interpretar dados e comunicar com os outros. Mas tais competências devem ser vistas como tendo a sua razão de ser na actividade científica como um todo, como parte de uma investigação. (...) O primeiro objectivo de uma educação científica deverá ser que o estudante se torne bom a fazer Ciência com a competência de realizar investigações científicas genuínas. (Woolnough, 1989, pg 118).

O mesmo autor sustenta que *os estudantes aprendem a fazer investigações científicas fazendo-as, simples investigações no início, mas investigações completas, que se vão tornando mais sofisticadas à medida que a confiança e experiência aumentam* (pg 121). E o seu pensamento torna-se mais claro ainda com a metáfora, segundo a qual criar um cientista ou desenvolver uma abordagem científica, assemelha-se mais ao crescimento de uma planta do que à construção de um edifício.

Em abono do seu ponto de vista, Woolnough (1989) argumenta que os resultados do extenso programa de avaliação *APU*, são reveladores de que: a) os

estudantes apresentam melhores resultados na realização de investigações globais do que em competências parcelares; b) para uma mesma investigação, o desempenho prático ultrapassou largamente a elaboração de planos escritos, tendo os alunos revelado grande entusiasmo e grande diversidade de abordagens no trabalho prático. Woolnough (1989) refere ainda trabalhos de Hockey (1973) e Trotter (1978) que revelam correlações inferiores a 0,4 e 0,45, respectivamente, entre o nível de desempenho em investigações e em componentes parcelares da investigação.

Harlen (1992) reconhece que as diversas formas de descrever os processos científicos sofrem todas do inconveniente de tentarem estabelecer fronteiras entre coisas que não são separáveis umas das outras. E acrescenta mais adiante:

(...) é razoável perguntar em que medida é útil separar diferentes aspectos da actividade científica. Será melhor vê-la como um todo. Contudo, o todo é tão complexo que, embora admitindo que eles não sejam separáveis na prática, é útil descrever certos aspectos da actividade científica e designá-los. Deste modo esperamos pelo menos chegar a uma noção clara e comum das partes que se entrelaçam na investigação do mundo à nossa volta (...) É apenas por conveniência que nos referimos a cada processo como competências individuais. (Harlen, 1992, pg 28).

A mesma autora rejeita a noção de um treino específico em cada um dos processos através de exercícios particulares. *Quando, por exemplo, queremos encorajar o poder de observação, ou a competência de identificar variáveis, fazemo-lo não fornecendo exercícios específicos de tais competências de processo mas usando a observação e procurando variáveis como parte de uma investigação (Harlen, 1978, pg 621).* Do seu ponto de vista faz sentido e é necessário formular objectivos de processos, apesar das críticas que se possam fazer quer à noção de processo, quer à ideia de aprendizagem de processos.

É à luz destas considerações que importa reflectir sobre a validade dos instrumentos de avaliação dos processos científicos confrontando, designadamente, testes escritos e tarefas práticas. Segundo Woolnough (1989),

aqueles que põem maior ênfase na fidelidade do instrumento tendem a favorecer uma abordagem atomística e estanque da avaliação dos processos, enquanto os que estão mais preocupados com a validade, e querem processos de avaliação que encorajem o que consideram “Ciência válida” estão mais dispostos a aceitar uma mais livre, mais pessoal e mais holística abordagem na avaliação de investigações globais (pg 124).

Este ponto de vista recomenda, naturalmente, o recurso à observação dos alunos na realização de investigações.

Russel & Harlen (1990) reconhecem igualmente que a combinação de diferentes processos, na realização de investigações práticas, tem maior validade e suscitam maior envolvimento pessoal dos alunos. Sublinham que, relativamente a certos processos, não existe outra forma de obter informação acerca do desempenho dos alunos, que não seja observá-los em acção. Mas apontam, entre outras desvantagens, a evidente necessidade de muito tempo da parte do avaliador, o que os leva a considerar a necessidade de testes escritos, com todas as suas limitações, como forma de obter alguma informação, em pouco tempo e sobre todos os alunos.

Uma outra importante razão apontam estes autores para justificar a utilidade dos testes escritos. Sabe-se que o desempenho de competências em processos depende do contexto, ou seja, da matéria sobre que incidem e da natureza da tarefa. Os resultados *APU* revelaram diferenças substanciais num mesmo processo, quando o contexto varia (Russel et al, 1988). Assim, recomendam os autores que o viés derivado ao efeito do contexto pode ser minimizado pela via da diversificação dos contextos de aplicação do mesmo processo, sendo o teste escrito o modo mais fácil de conseguir tal objectivo.

Os instrumentos que utilizámos - teste escrito e trabalho prático - são uma combinação de métodos na linha do que preconizam Schilling e outros (1990) e Russel e Harlen (1990). À luz das considerações efectuadas, assumimos que o teste escrito é um instrumento que não corresponde ao modelo de *fazer Ciência* adoptado neste projecto de investigação, podendo no entanto ter significativas interacções com tal competência que combina dimensões do pensamento e da acção. Rejeitámos pois a veleidade de calcular um coeficiente de validade nessa perspectiva.

A questão da validade deste instrumento teria que ser equacionada do ponto de vista de como ele poderá medir uma eventual competências geral, resultante de uma somatório de formas particulares de pensamento - a que se recorre na actividade científica - produzidas de forma fragmentada e descontextualizada em resposta, por escrito, a informação apresentada por escrito. Nós não encontrámos uma base sustentável para calcular um tal coeficiente de validade.

Para isso, desde logo seria necessário que o instrumento fizesse a cobertura de todos os processos que podem ser traduzíveis em ítems escritos. Tendo em consideração que a primeira aplicação do instrumento se faz quando as crianças têm apenas 8/9 anos, essa opção colocaria sérios problemas: a) o instrumento seria demasiado extenso o que, tornando-o inexecuível em tempo adequado, retiraria todo o significado à informação obtida; b) acentuar-se-ia a dependência dos resultados das competências de leitura e compreensão da informação fornecida; c) o carácter artificial da conversão de tarefas, por natureza práticas, em tarefas escritas, fica também substancialmente reforçado atendendo aos baixos níveis de maturidade intelectual e experiência das crianças.

Quando tivemos a pretensão de validar um instrumento escrito de competências em processos, por via da sua correlação com instrumentos já de alguma forma validados ou construídos e utilizados por especialistas, confrontámo-nos com o seguinte:

- apenas encontrámos na literatura um instrumento de avaliação de processos, destinado a este nível etário, para o qual foi calculado um coeficiente de validade (Smith & Welliver, não datado) ;

- os poucos instrumentos, na totalidade provenientes de Inglaterra e Estados Unidos, os países mais avançados em matéria de educação científica na escola primária, afiguraram-se-nos excessivamente complexos para aplicação a crianças de 8/9 anos do nosso país, especialmente na fase de pré-teste, em que é nula a experiência de actividade científica.

Nestas circunstâncias formulámos o juízo de que, não só nenhum daqueles instrumentos poderia ser adaptado para esta investigação, como nenhum deles era susceptível de aplicação a crianças portuguesas a fim de fornecer uma base de validação de qualquer novo instrumento a criar.

Sustentamos no entanto que os ítems, de per si, têm a validade de conteúdo, relativamente aos processos particulares a que se reportam, inerente ao facto de terem sido extraídos de instrumentos construídos por reputados especialistas - um critério adoptado por Smith & Welliver (não datado) - ou elaborados pelo investigador, mediante a simples modificação do conteúdo de ítems já existentes.

3. OS SUJEITOS

Os sujeitos foram, ao longo do ano lectivo de 92/93, uma turma experimental do 4º ano do 1º ciclo e respectiva professora, e uma turma de controle do mesmo ano de escolaridade. Ambas as turmas pertenciam a uma escola situada numa área periférica da cidade de Braga com indícios de alguma degradação social, razão porque a escola está classificada como pertencente a uma Área de Intervenção Prioritária. A turma experimental é constituída por 18 alunos e a turma de controle constituída por 16 alunos. Tendo falhado a perspectiva de trabalho com uma professora já seleccionada, em função das qualidades pedagógicas que tivemos a oportunidade de conhecer directamente, a escolha desta escola ficou a dever-se ao relacionamento que uma terceira pessoa tinha com o investigador e o director da escola, o que facilitou o estabelecimento de uma cooperação. Por sua vez, a escolha das turmas ficou apenas a dever-se à disponibilidade para a colaboração, manifestada por duas professoras, em reunião em que o investigador apresentou os seus propósitos. Não houve pois uma escolha do investigador, de acordo com um perfil de professor pretendido, o que não se concretizou em virtude das pessoas que correspondiam às nossas pretensões leccionarem fora de Braga, o que constituiria um factor adicional de dificuldade que não quisemos assumir. Nos quadros seguintes apresentam-se as características da turmas experimental e de controle, em termos de sexo e Posição Sócio-Económica.

TURMAS EXPERIMENTAL E DE CONTROLE 92/93

		Turma Experim.		Turma Controle		Total	
		N	%	N	%	N	%
Sexo	Masc.	8	44,44	8	50	16	47,06
	Femin.	10	55,56	8	50	18	52,94
P. Sóc. Ec.	P.S. 1	1	5,56	1	6,25	2	5,88
	P.S. 2	1	5,56	5	31,25	6	17,65
	P.S. 3	8	44,44	0	0	8	23,53
	P.S. 4	8	44,44	10	62,25	18	52,94
Total		18	100	16		34	100

Em termos sócio-económicos estas turmas podem considerar-se equivalentes ($\bar{X}r_1 = 17,75$ versus $\bar{X}r_2 = 17,28$; $U = 140$ e $p = 0,88$; $K-SZ = 0,77$ e $p = 0,60$).

Em termos de idade são as seguintes as características das turmas:

IDADE DAS TURMAS EXPERIMENTAL E DE CONTROLE 92/93

	Média	Dv. Padrão	Mínimo	Máximo	Amplitude
T. Experim.	9,60	0,54	9,00	10,83	1,83
T. Controle	9,46	0,71	8,00	11,00	3,00

No ano de 93/94 a intervenção foi levada a cabo numa turma do centro da cidade de Braga, onde os alunos em geral eram provenientes de estratos sócio-económicos mais favorecidos do que na escola anterior. A escolha recaiu sobre uma professora cooperante, no âmbito do estágio dos professores do 1º ciclo do CEFOPE da Universidade do Minho, tendo resultado de boas referências, da parte de uma supervisora, quanto à qualidade pedagógica do seu trabalho com as crianças. Houve,

pois, desta vez, uma maior preocupação de encontrar um perfil mais promissor, do ponto de vista dos objectivos do projecto, embora não tivesse o investigador um conhecimento directo do trabalho da professora.

A turma de controle foi seleccionada sem outro critério que não fosse trabalhar numa sala contígua à sala da turma experimental, e ter a respectiva professora manifestado disponibilidade para que fossem administrados os testes no princípio e no final do ano lectivo. A turma experimental era constituída por 22 alunos e a turma de controle constituída por 18 alunos. Apresentam-se no quadro seguinte as características das turmas quanto às variáveis sexo e Posição Sócio-Económica.

TURMAS EXPERIEMNTAL E DE CONTROLE 93/94

		Turma Experim.		Turma Controle		Total	
		N	%	N	%	N	%
Sexo	Masc.	12	55,56	10	55,56	22	55,00
	Femin.	10	44,44	8	44,44	18	45,00
P. Sóc. Ec.	P.S. 1	4	18,18	0	0	4	10,00
	P.S. 2	10	45,46	3	16,67	13	32,50
	P.S. 3	8	36,36	9	50,00	17	42,50
	P.S. 4	0	0	6	33,33	6	15,00
Total		22	100	18	100	40	100

Verifica-se que as turmas não são equivalentes em termos da variável sócio-económica ($\bar{X}_{r1} = 27,33$ versus $\bar{X}_{r2} = 14,91$; $U = 75$ e $p = 0,00$; $KS-Z = 1,48$ e $p = 0,03$). Viemos a saber, posteriormente, que os alunos da turma que tomámos para

controle estavam agrupados em função do seu baixo rendimento escolar, havendo uma elevada percentagem de alunos repetentes. Naturalmente esta turma está longe de constituir uma boa turma de controle, porém quando tomámos consciência das características da turma, já não era viável optar por outra, dado o relativo avanço do ano lectivo.

Em termos de idade são as seguintes as características das turmas:

IDADE DAS TURMAS EXPERIMENTAL E DE CONTROLE 93/94

	Média	Dv. Padrão	Mínimo	Máximo	Amplitude
T. Experim.	9,08	0,36	8,17	9,66	1,49
T. Controle	9,34	0,62	8,17	11,25	3,08

No quadro seguinte apresenta-se um visão comparativa dos vários grupos de sujeitos utilizados nesta investigação, em termos de idade, Posição Sócio-Económica, e classificações obtidas nos testes de Raciocínio Lógico-Verbal e de Competências em Processos Científicos. Os dados relativos às turmas experimentais e de controle referem-se ao início do ano lectivo, enquanto que os dados relativos às turmas que utilizámos para o cálculo dos coeficientes de fidelidade foram obtidos sensivelmente a meio do ano lectivo. As amostras utilizadas para o cálculo dos coeficientes de fidelidades coincidem em 115 dos 130 sujeitos.

VISÃO COMPARATIVA DAS DIFERENTES TURMAS

	\bar{X} Idade	\bar{X} P. S.	\bar{X} R.L.V.	\bar{X} P. C.	N
Amostra Fid. P.C.	9,46	2,72		18,72	130
Amostra Fid. R.L.V.	9,48	2,85	7,86	19,06	115
Turma Exp. 92/93	9,6	3,28	6,39	16,06	18
Turma Cont. 92/93	9,46	3,19	7,63	17,12	16

Turma Exp. 93/94	9,08	2,18	9,36	18,16	22
Turma Cont. 93/94	9,34	3,17	7,28	15,53	18

Tomando como *grupo de referência* as amostras utilizadas nos cálculos dos coeficientes de fidelidade, que pela sua dimensão têm uma maior probabilidade de serem representativas, procedeu-se a uma análise comparativa das turmas experimentais e de controle com o citado grupo de referência, em termos das variáveis Posição Sócio-Económica, Raciocínio Lógico-Verbal e Competências em Processos Científicos. Procedeu-se a idêntica análise entre cada turma experimental e a correspondente turma de controle. As comparações quanto à variável Posição Sócio-Económica procederam-se por via da análise das frequências acumuladas com a aplicação do teste de *Kolmogorov-Smirnov*. As comparações quanto às variáveis Raciocínio Lógico-Verbal e Competências em Processos Científicos, proceram-se por via do contraste das médias com a aplicação do teste t. Apresentam-se de seguida os resultados dos diferentes testes.

COMPARAÇÃO DOS GRUPOS QUANTO À P. SÓCIO-ECONÓMICA

	Grupo de Referência	T. Experimental 92/93	T. Experimental 93/94
T. Exp. 92/93	K-SZ=1,19; p=0,12		
T. Controle 92/93	K-SZ=1,4; p=0,04*	K-SZ=0,77; p=0,60	
T. Exp. 93/94	K-SZ=1,1; p=0,18		
T. Controle 93/94	K-SZ=0,96; p=0,32		K-SZ=1,48; p=0,03*

* Diferenças estatisticamente significativas

Verifica-se que somente a turma de controle 92/93 é mais desfavorecida, de forma significativa, relativamente ao grupo de referência, em termos da distribuição de frequências acumuladas da variável sócio-económica. As turmas experimental e de

controle de 92/93 não apresentam diferenças significativas quanto à variável sócio-económica. Mas a turma experimental de 93/94 é significativamente mais favorecida, em termos sócio-económicos, do que a correspondente turma experimental.

COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS QUANTO AO R. LÓGICO-VERBAL

	Grupo de Referência	T. Experimental 92/93	T. Experimental 93/94
T. Exp. 92/93	6,39; 7,86 t=-2,24; p=0,03*		
T. Controle 92/93	7,63; 7,86 t=0,34; p=0,73	7,63; 6,39 t=1,63; p=0,11	
T. Exp. 93/94	9,36; 7,86 t=2,52; p=0,01*		
T. Controle 93/94	7,28; 7,86 t=-0,89		7,28; 9,36 t=-2,88; p=0,00*

* Diferenças estatisticamente significativas

Os resultados da análise efectuada mostram-nos que a turma experimental 92/93 apresenta uma média no teste de Raciocínio Lógico-Verbal significativamente inferior ao grupo de referência. Por seu turno a turma experimental 93/94 apresenta uma média, no mesmo teste, significativamente superior ao grupo de referência. A turma experimental 93/94 apresenta uma média significativamente superior à correspondente turma de controle, enquanto as turmas experimental e de controle 92/93 não apresentam diferenças significativas entre si. É de sublinhar, pois, que a turma experimental 92/93 apresenta uma acentuada desvantagem em relação à turma experimental 93/94, em termos da variável Raciocínio Lógico-Verbal.

COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS QUANTO ÀS C. PROCESSOS CIENTÍFICOS

	Grupo de Referência	T. Experimental 92/93	T. Experimental 93/94
T. Exp. 92/93	16,06; 18,72		

	t=-1,39; p=0,17		
T. Controle 92/93	17,12; 18,72 t=0,79; p=0,43	17,12; 16,06 t=0,49; p=0,63	
T. Exp. 93/94	18,16; 18,72 t=-0,32; p=0,75		
T. Controle 93/94	15,53; 18,72 t=-1,67; p=0,10		15,53; 18,16 t=-1,29; p=0,21

Constata-se que as médias das quatro turmas, no teste de Competências em Processos Científicos, são todas inferiores à do grupo de referência, embora em nenhum caso a diferença seja estatisticamente significativa. Talvez isso seja devido ao facto de o teste ter sido aplicado ao grupo de referência sensivelmente a meio do ano lectivo, enquanto a sua aplicação às quatro turmas se procedeu no início do ano lectivo. Na comparação inter-turmas, as maiores diferenças, embora não significativas, verificam-se entre a turma experimental 93/94, por um lado, e as turmas experimental 92/93 e a de controle 93/94, por outro lado. Não sendo as diferenças estatisticamente significativas, é de sublinhar que, tal como em relação à variável Raciocínio Lógico-Verbal, também na variável Competências em Processos Científicos, a turma experimental 93/94 se apresenta em vantagem em relação às restantes.

4. MÉTODOS DE TRATAMENTO E ANÁLISE E DE RESULTADOS

4.1. Na vertente quase-experimental

Serão feitos os contrastes, por via de testes estatísticos paramétricos, entre os resultados de cada turma experimental e os da turma de controle correspondente, quanto às classificações nos testes de Capacidade em Processos Científicos e de Raciocínio Lógico-Verbal. Far-se-á idêntico contraste considerando as duas turmas experimentais, por um lado, e as duas turmas de controle, por outro lado.

Procurar-se-á saber se houve ou não progressão nos testes de Competências em Processos Científicos e de Raciocínio Lógico-Verbal, e se eventuais progressões se explicam pela intervenção nas turmas experimentais, ou se pelo contrário são inerentes ao processo de maturação dos alunos no período de tempo decorrido entre os pré-testes e os pós-testes. Procurar-se-á saber em que medida variações no nível de Raciocínio Lógico-Verbal e no nível de Competências em Processos Científicos, são concomitantes ou, pelo contrário, acontecem de forma independente umas das outras.

Pela via da Análise de Variância, procurar-se-á saber se houve alguma alteração do efeito diferencial da Posição Sócio-Económica, entre os resultados dos pré-testes e os resultados dos pós-testes.

4.2. Na vertente de investigação-acção

Será feita uma análise de conteúdo dos Diários de Aula e das anotações dos alunos nos seus cadernos, procurar-se-á encontrar respostas, pelo menos em parte, para cinco das seis questões-problema relativas com os alunos:

- Qual o contributo dos alunos no providenciamento dos materiais necessários ?
- Que concepções intuitivas revelam os alunos em relação aos tópicos científicos que serão objecto de ensino-aprendizagem ?
- Será que podem ser ensinadas, com sucesso, competências em processos científicos a crianças de 9/10 anos de idade ?
- Será que as crianças de 9/10 anos podem aprender a realizar investigações ?
- Em que medida o ensino das Ciências da Natureza pode contribuir para que os alunos gostem mais da escola ?

Procurar-se-á ainda resposta para a questão:

- Que competências e atitudes da professora e/ou investigador favorecem uma aprendizagem activa, no desenvolvimento de ideias científicas e competências de processos ?

Para cada uma das questões, seguindo uma perspectiva indutiva, serão identificadas ideias-chave, devidamente ilustradas por narrativas particulares, o que dará lugar a uma *descrição particular* (Erickson, 1989) do processo ocorrido na sala de aula na sua globalidade. Na descrição particular *os detalhes concretos dos acontecimentos comunicados (...) ilustram os conceitos analíticos gerais que o autor está utilizando para organizar o seu relatório* (Erickson, 1989, pg 273). A descrição particular será permeada de frequentes comentários interpretativos, à luz do quadro teórico em que se desenvolve a investigação.

Uma segunda perspectiva de análise dos dados qualitativos recolhidos tem em vista a produção de uma *descrição geral* (Erickson, 1989). *Uma vez que se tenha identificado um episódio particular, é necessário mostrar (...) em que medida esse episódio é típico ou atípico, quer dizer, como se situa dentro da distribuição global de todos os episódios contidos no “corpus” de dados* (Erickson, 1989, pg 277).

As entrevistas finais serão analisadas por forma a atribuir-se a cada aluno um nível de Competências de Investigação, expresso quer numa escala de intervalo, quer numa escala ordinal. Os diferentes níveis serão elucidados com descrições qualitativas do que os alunos dizem. Os níveis de Competências de Investigação serão sujeitos a cruzamentos com as classificações obtidas nos testes de Competências em Processos Científicos e de Raciocínio Lógico-Verbal.

A análise de conteúdo das composições livres dos alunos, sobre as actividades de Ciências em que tinham participado, solicitadas no final, permitirá obter mais informação sobre as atitudes dos alunos face às actividades, para além da informação já obtida por observação.

4.3. Análise de conteúdo dos diários de aula

Zabalza (1994) considera três tipos de diários de aula: a) o diário *organizador estrutural da aula*, em que se apresenta simplesmente a especificação do horário, da organização e sequência das actividades; b) o diário como *descrição das tarefas* que tomam como principal foco da sua atenção as tarefas que os professores e alunos realizam na aula; c) o diário como *expressão das características dos alunos e dos professores* que concentram a sua atenção nos sujeitos que participam no processo de ensino-aprendizagem. O autor refere-se a diários que resultam de uma focalização, ora nas tarefas, ora nos sujeitos, como diários *mistos*. *São diários nos quais se integra de tal maneira o referencial e o expressivo que o leitor pode ter acesso, através do diário, não só ao que se faz na aula, mas também ao modo como o professor vê essa dinâmica e ao modo como tudo isso afecta a ele e aos seus alunos.* (Zabalza, 1994, pg 111).

O investigador ao fazer uma leitura de alguns diários de aula, por si elaborados, escolhidos aleatoriamente, concluiu que se enquadram na categoria de diários mistos, atrás referida. Aí se encontram elementos relativos às tarefas (acções/materiais) dos alunos, da professora e do próprio investigador, bem como elementos relativos às atitudes, sentimentos e significados de todos esses actores, sendo incluídos frequentemente comentários de carácter inferencial e/ou interpretativo para além do observado.

A análise dos diários de aula tem em vista constituir a *descrição particular*, preconizada por Erickson (1989), que antecede uma *descrição geral* em forma de uma visão sinóptica de todo o conjunto em que são identificados padrões e regularidades.

Não se procedeu à análise dos diários na sua totalidade, mas apenas de uma amostra da segunda turma experimental (Anexo XIII). Optou-se pela segunda turma experimental porque, tendo o projecto sido desenvolvido nessa turma no ano seguinte

ao da primeira turma experimental, todo o processo se apresentava mais apurado nessa altura: a) o investigador, beneficiando da experiência com a primeira turma experimental, apresentava-se em melhores condições de intervir em conformidade com os objectivos da investigação-acção, quer interagindo com a professora quer com os alunos; b) por seu turno, os objectivos da investigação, nessa altura, haviam já sido objecto de um processo de clarificação no decurso do primeiro ano de intervenção, beneficiado desse facto todo o processo a decorrer no 2º ano; c) os diários elaborados no 2º ano de intervenção reflectem a melhoria global do processo que pretendem descrever, sendo as observações e correspondentes registos mais directamente subordinados a objectivos e propósitos do processo, estando aí mais claramente identificáveis as unidades de conteúdo a analisar.

Foram analisados 12 diários que fazem a cobertura de 14 das 24 aulas, correspondendo a 30 horas e 30 minutos do total de 54 horas (56,48 %). A constituição da amostra dos diários a analisar obedeceu aos seguintes critérios: a) assegurar uma distribuição temporal das aulas analisadas que permitisse estimar uma cobertura representativa do desenvolvimento de todo o processo; b) incluir a quase totalidade das aulas em que os alunos são solicitados a realizar investigações globais, tendo em vista uma compreensão tão completa quanto possível de como, e a que nível, chegaram os alunos em termos da competência de realizar investigações; c) incluir actividades do primeiro terço do projecto, dado só que a partir daí começaram a ser introduzidas as investigações. Esse foi um período em que as crianças revelaram grande riqueza de ideias intuitivas, circunstância que permite ilustrar o modo como as crianças evoluem das suas ideias para ideias mais “científicas”.

Na busca de uma estrutura de análise dos diários de aula, começou-se por uma leitura livre de um número apreciável de diários. Verifica-se de um modo geral que,

logo de início, estão feitos registos quanto à existência dos materiais necessários, bem como acerca da contribuição dos alunos na sua provisão. Assumiu-se que o primeiro parâmetro de análise dos diários seria relativo aos materiais e à participação dos alunos para a sua provisão (Anexo XIII).

Para além desse aspecto concluiu o investigador que a informação contida nos diários podia ser distribuída por três tópicos gerais: a) o objecto de aprendizagem e desenvolvimento dessa aprendizagem; b) o papel dos sujeitos no processo de ensino-aprendizagem, incluindo sentimentos e atitudes inferidos; e c) elementos de avaliação, por parte do investigador, dos acontecimentos ocorridos.

De acordo com o quadro teórico de um modelo de aprendizagem que preconiza uma progressão das ideias das crianças para ideias mais “científicas”, por via da utilização dos processos científicos, encontrámos nos diários, em termos do objecto e objectivos de aprendizagem, informação relativa: a) ao desenvolvimento de ideias; e b) ao desenvolvimento de competências de processos.

Considerando o papel dos sujeitos é de sublinhar, desde logo, que o desenvolvimento de ideias e de processos, constitui informação relativa aos alunos, designadamente ao que eles dizem e fazem. Para além desses aspectos relativos aos alunos, consta diários, com frequência, informação relativa aos sentimentos e atitudes que se podem inferir do seu comportamento, o que decorre da assunção inicial de que as actividades científicas favoreceriam atitudes positivas face à escola. Por outro lado, considerando a importância reconhecida à interacção e cooperação no processo de aprendizagem - que deliberadamente foram estimuladas ao longo do projecto - e considerando as dificuldades evidenciadas inicialmente nesse aspecto, foram feitos registos relativamente ao modo de funcionamento dos grupos de trabalho, sempre que julgados merecedores de relevância da parte do investigador. Em síntese, para efeito

de análise dos diários, no que concerne aos alunos, foram criados quatro domínios de informação: *a) desenvolvimento de ideias; b) desenvolvimento dos processos; c) sentimentos e atitudes; d) funcionamento dos grupos* (Anexo XIII).

A acção da professora e do investigador - sempre que este se substituíu àquela em resultado de uma avaliação, feita no momento, quanto à sua necessidade de intervir - tinha em vista estimular e sustentar o fluxo permanente do pensamento e acção dos alunos, tomando como ponto de partida as suas próprias ideias e acções. Correspondendo à preocupação de dar conta do papel da professora ou do investigador, o diário contém informação acerca de um e outro, tendo aquela perspectiva de trabalho como referência. Estão também valorizados, nos diários, os sentimentos e atitudes inferidos da professora ou vivenciados pelo investigador, como elementos que ajudam a compreender o grau de envolvimento de um e outro nos acontecimentos, e conseqüentemente a compreender em que medida contribuem para uma atmosfera da aula favorável. Assim, a análise dos diários quanto à professora e investigador, quando na função de professor, incide sobre os seguintes parâmetros: *a) introdução das actividades; b) estímulo ao pensamento e acção dos alunos; c) sentimentos e atitudes* (Anexo XIII).

Os diários contêm apreciações e comentários, feitos pelo investigador, logo no momento da sua escrita. Por outro lado, ao concluir-se a análise dos diários, ocorria ao investigador sublinhar ou comentar algo que emergia da globalidade da aula tratada no diário. Entendeu-se dever registar, em relação a cada diário, tais *apreciações e comentários interpretativos*, sempre que ocorressem, na expectativa de que pudessem vir a evidenciar regularidades e tendências mais gerais, quando vistos numa perspectiva de conjunto. Igualmente pareceu ao investigador ser relevante emitir um juízo quanto ao *doseamento e natureza das intervenções da professora e do*

investigador, o que no final virá a constituir um indicador da medida em que todo o processo teve um carácter formador, possibilitando ou não a gradual autonomia, desejável, da professora na orientação das actividades.

Em síntese, a estrutura de análise dos diários de aula caracteriza-se pelos seguintes parâmetros:

1. Existência de materiais e participação dos alunos na sua angariação

2. Papel da professora e/ou investigador

a) Introdução das actividades

b) Estímulo ao pensamento e acção dos alunos

c) Sentimentos e atitudes da professora

d) Sentimentos e atitudes do investigador

3. Papel dos alunos

a) Desenvolvimento de ideias

b) Desenvolvimento de processos

c) Sentimentos e atitudes

d) Funcionamento dos grupos

4. Apreciações e comentários interpretativos do investigador

5. Doseamento e natureza das intervenções da professora e do investigador

Este modelo de análise resulta de uma primeira versão que foi testada, pela via da sua aplicação à análise de alguns diários. O teste efectuado guiou-se por três preocupações, designadamente: a) averiguar da sua inclusividade em relação ao

conteúdo dos diários; b) averiguar da viabilidade em compartimentar a informação nele contida, que aí constitui um todo sequencial e coerente, pelos diferentes parâmetros; c) avaliar em que medida a leitura de um protocolo de análise fornece uma compreensão holística do desenvolvimento de cada aula analisada, uma dimensão do diário que importaria não perder.

A questão da inclusividade não ofereceu dúvidas de monta e foi considerada facilmente resolvida. A compartimentação da informação do diário por diferentes parâmetros revelou-se difícil, requerendo um trabalho de grande minúcia e rigor. No diário, a informação relativa a processos e ideias, bem como relativamente à acção do professor/investigador e do aluno, apresenta-se frequentemente muito condensada, entrelaçando-se fortemente as diferentes unidades de conteúdo que pretendemos tornar distintas no protocolo de análise. Frequentemente, foi inevitável que, ao realçarmos uma unidade de conteúdo, tivéssemos que incluir de forma colateral, o modo como se liga a outra unidade de conteúdo, a fim de se evitar a perda de sentido que a compartimentação pudesse provocar.

Quanto à obtenção de uma compreensão holística do desenvolvimento das actividades, concluiu o investigador que o tratamento dos vários parâmetros relativos ao *papel da professora* e ao *papel do investigador*, em separado, prejudicava enormemente uma visão sequencial e articulada dos acontecimentos ocorridos na aula. As intervenções do investigador surgem intercaladas no conjunto das intervenções da professora, e vice-versa. Por isso, uma análise que não oferecesse uma perspectiva da sequência das acções da professora e do investigador, na sua globalidade, omitindo a posição cronológica relativa de umas e outras, não só dificultaria uma compreensão global do desenvolvimento da aula como, por outro lado, não permitiria a desejável compreensão de como se articulam entre si, bem como das razões que suscitam a

intervenção do investigador. Decidiu-se pois analisar *o papel da professora e/ou investigador* de forma integrada, sendo assinalada cada unidade de conteúdo com um (p) ou um (i), consoante se referem à professora ou ao investigador. A sequência com que as unidades de conteúdo são alinhadas corresponde à sequência cronológica dos acontecimentos a que se referem.

Um outro aspecto que foi objecto de reflexão relaciona-se com a compreensão das interacções, especialmente as interacções professora/alunos e investigador/alunos. Ao organizarem-se as unidades de conteúdo relativas à professora/investigador separadas das unidades de conteúdo relativas aos alunos, fica prejudicada a compreensão das interacções. Foi alvitrada a possibilidade de um modelo de registos de unidades de conteúdo em três colunas, sendo uma para a professora, outra para o investigador e outra para os alunos, correspondendo a linha de registo à posição cronológica do acontecimento a que se refere. Concluiu-se, porém, que se tratava de um modelo de registo muito complexo e trabalhoso, que multiplicaria por várias vezes o número de páginas necessárias para a análise de cada diário, na medida em que seria requerido que grandes espaços de papel ficassem em branco. A forma que se encontrou para mitigar a dimensão deste problema compreende duas decisões: a) no registo das unidades de conteúdo relativas à professora e/ou investigador, frequentemente, faz-se referência à situação com a qual há correspondência ao nível dos alunos; o mesmo procedimento se adopta aquando do registo das unidades de conteúdo relativas aos alunos, fazendo referência à professora e/ou investigador; b) cada unidade de conteúdo relativa à professora e/ou investigador, bem como aos alunos, está assinalada com um índice numérico, significando o mesmo índice numa e outra a existência de correspondência, representando-se assim uma interacção. Não é suposto que o leitor de um protocolo de análise, por cada unidade de conteúdo relativa

à professora e/ou investigador vá ler, umas páginas mais à frente, a unidade de conteúdo relativa aos alunos que lhe corresponde. Tem, no entanto, ao seu dispôr a possibilidade de esclarecer um certo número de interrogações que forem suscitadas pela necessidade de uma melhor compreensão do que se passa na aula, designadamente, compreender como se articulam as acções da professora e do investigador com as dos alunos, bem como adquirir uma percepção de como umas e outras contribuem para a consecução dos objectivos de aprendizagem.

Importa sublinhar que os dados contidos nos protocolos de análise, com excepção de alguns comentários interpretativos, são extraídos directamente dos diários elaborados pelo investigador que, naturalmente, reflectem a sua perspectiva do que se passou em cada aula. Assim sendo, o facto de por vezes não figurar qualquer registo quanto a um ou outro parâmetro, significa somente que o eventualmente ocorrido quanto a esse parâmetro não teve do ponto de vista do investigador a relevância que justificasse o seu registo.

A fim de ilustrarmos este processo de análise dos diários, apresentamos a seguir a transcrição de um diário, na íntegra, e o correspondente protocolo de análise.

Diário Nº 5: Acender uma lâmpada; 18/11/93; 2 horas e 30 minutos

A provisão de material foi excelente: pilhas, lâmpadas, fios, casquilhos, “bananas” e garras crocodilo existiam em quantidade suficiente numa mesa ao centro da sala. Havia, inclusivamente, uma chave de fendas para cada grupo. Foi a professora que providenciou todo o material. A professora começou por perguntar aos alunos o que achavam que se iria fazer com aquele material. Algumas respostas: “ vamos fazer uma ligação da lâmpada para a pilha, a pilha tem electricidade e a lâmpada vai acender”; “ vamos pôr a lâmpada em cima da pilha e vai dar luz”; “ vamos ligar os fios e tentar acender a lâmpada”. Esta discussão inicial foi bastante bem conduzida pela professora, numa atmosfera de cordialidade. Há um aluno que acende a lâmpada de imediato, em face do desafio que foi colocado: acender a lâmpada utilizando somente a lâmpada e a pilha. Ao fim de 5 minutos, todos os grupos tinham conseguido acender a lâmpada, mas verifica-se que alguns alunos, especialmente excitados, apropriam-se do material dificultando a oportunidade de que outros

consigam, também eles próprios, acender a lâmpada, não se limitando a observar. Nesse entretanto, a professora chamou a atenção para as particularidades da lâmpada: o “bico” e a rosca. A professora manifesta-me a sua surpresa e satisfação pelo êxito dos alunos. Acontece que os alunos acendem a lâmpada, mas têm dificuldade em explicitar verbalmente as ligações que fazem e frequentemente têm dificuldade em repetir o efeito obtido de uma forma dirigida, voltando a agir novamente por tentativas. A professora serve-se bastante bem das formulações “incorrectas” (por exemplo: “liguei as duas chapinhas da pilha à rosca da lâmpada“?) dos alunos para demonstrar que, ao pôr-se em prática o que é dito, a lâmpada não acende. Nesse processo, os alunos vão aprimorando o rigor da sua comunicação e de observação das ligações pilha-lâmpada. Ao passar-se à tentativa de acender a lâmpada “com um fio“, fica patente o quanto é ainda inconsistente a ideia que têm os alunos acerca de como fazer as ligações. Circulando pelos grupos, verifico que alguns alunos regressam ao modelo de circuito fonte-consumidor, ou nunca o chegaram a abandonar. Há alunos que ligam os pólos da pilha entre si, através do fio, e colocam a lâmpada com um dos terminais em contacto com um dos pólos da pilha. A dificuldade persiste por um tempo relativamente prolongado, mas é manifesto o empenhamento dos alunos em enfrentarem o desafio. Sinto necessidade de enfatizar os pontos da lâmpada e da pilha que têm importância para as ligações a efectuar. Chego mesmo ao ponto de, em diferentes grupos, fazer uma ligação pilha-lâmpada, para que os alunos tenham o insight de que a ligação que fica por fazer deve ser feita com recurso ao fio. Neste esforço, tornou-se visível que a explosão de contentamento é mais acentuada quando os alunos obtêm sucesso depois de um tempo relativamente prolongado de tentativas mal sucedidas, que provocaram uma tensão crescente. A actividade de acender a lâmpada “com dois fios“ é realizada com êxito mais rapidamente, o que revela já uma maior consciência quanto ao modo de fazer as ligações. Aquando da realização dos desenhos dos circuitos, a professora distribui uma folha de papel de desenho a cada aluno. Os alunos entregam-se à tarefa com visível interesse e empenho. O Zé Pedro (9 anos), ao fazer o desenho, toma o cuidado de estabelecer as ligações para se certificar de como deve fazer o desenho. Mas é notório que grande parte dos alunos começam por desenhar a lâmpada sobre a pilha sem grande preocupação de rigor quanto às ligações. A professora, e eu próprio, procuramos evidenciar, na prática, a representação efectuada para os fazer reflectir. Em certos grupos, incito os alunos a montarem o circuito de acordo com o desenho, a fim de verificarem se o desenho corresponde à situação de lâmpada acesa. Quando os alunos têm dificuldade, eu próprio lhes mostro as ligações correspondentes ao que figura no desenho. É muito evidente o processo reflexivo nos alunos, clarificador do modelo de circuito, pela via do desenho-experimentação-observação-desenho, mas o aprofundamento deste processo exigiu um grande envolvimento da minha parte. À medida que me vou envolvendo no acompanhamento dos grupos, a professora vai reduzindo o seu investimento pessoal nos acontecimentos da aula, chegando a ausentar-se momentaneamente para resolver uma questão de natureza administrativa, o que não deixa de me desagradar. Quando introduzida a questão sobre o que há de comum nas três situações para que a lâmpada acenda, o Zé Pedro (9 anos) imediatamente diz que “tem que haver alguma coisa em comum“. A professora pede então uma frase em que se diga o que é preciso para que a lâmpada acenda. Os alunos discutem em grupo a frase que deverão assumir de comum acordo, e eu vou circulando pelos grupos, ouvindo e interagindo com os alunos. Nas minhas interacções com os grupos dou-me conta de que a Sofia (10 anos) diz que a electricidade “tem que circular porque vai da pilha

para o fio e do fio para a pilha”. Por sua vez, a Inês (9 anos) diz que a electricidade “dá uma volta porque vai da pilha para o fio e para a lâmpada e vai outra vez para a pilha e sai outra vez”. Na discussão plenária, começa-se por ouvir algumas frases elaboradas pelos grupos: “é preciso que a electricidade passe de um lado para outro (da pilha), a lâmpada faz a ligação (entre os dois lados)”; “a lâmpada tem que estar ligada pelo fio e pela rosca”; (a electricidade) “tem que circular dos pólos para a lâmpada e da lâmpada para os pólos; é preciso fazer a ligação ao bico e à rosca”. Foi evidente que os alunos discutiram efectivamente entre si a frase a apresentar e foi também visível o interesse de certos grupos em conhecer as frases de outros grupos. Como nenhum aluno tinha dito de forma inequívoca o modo de se fazerem as ligações, perguntei se um colega deles, de outra turma, saberia o que fazer se lhes fosse dito: “o bico e a rosca da lâmpada têm que estar ligados aos pólos”. O Zé Pedro (9 anos) resolveu a questão do seguinte modo: “o bico tem que estar ligado a um pólo e a rosca tem que estar ligada a outro pólo”. A compreensão do modelo de circuito ultrapassou as minhas melhores expectativas. Quando perguntei à turma como representar o modo como deveria a electricidade percorrer ao longo dos fios, o André (9 anos) representou no quadro duas setas com o mesmo sentido, uma no trajecto pilha-lâmpada e outra no trajecto lâmpada-pilha. A Inês (9 anos) levou mais longe a sua compreensão, ao representar sobre o desenho da pilha uma seta correspondente ao sentido da corrente dentro da própria pilha, dando continuidade ao sentido das setas já desenhadas exteriormente. Para tentar clarificar para todos os alunos e consolidar o modelo de circuito eléctrico, apresentei a analogia com o circuito hidráulico. Os alunos foram sugerindo as correspondências biunívocas entre os elementos do circuito eléctrico e do circuito hidráulico. O empenho dos alunos em resolverem a ficha de aplicação das suas aprendizagens foi excelente, tendo-se verificado num ou noutro grupo não mais do que um erro, em oito possíveis, em termos da previsão do funcionamento dos circuitos apresentados em desenho. Os alunos revelam uma apetência natural para testarem as suas previsões, sendo visível um grande contentamento ao comprovarem experimentalmente as suas previsões. A professora continua, nesta aula, a ter atitudes ríspidas para com os alunos em dificuldades, em vez de os incentivar, o que os parece bloquear ainda mais, dado que em tais circunstâncias se mostram amedrontados. Revela também atitudes idênticas perante o que considera desordem e excessivo ruído na sala.

Protocolo de análise

Aula N° 5: Acender uma lâmpada; 2 horas e 30 minutos; 18/11/93

1. Existência de materiais e participação dos alunos na sua angariação

Tratando-se de material que não é facilmente acessível aos alunos, foi na totalidade providenciado pela professora, que se esmerou nessa função: pilhas, lâmpadas, fios, casquilhos, bananas e garras crocodilo existiam em quantidade suficiente, numa mesa ao centro da sala.

2. *Papel da professora e/ou investigador*

a) *Introdução das actividades*

- Pergunta à turma: *O que vamos fazer com este material?*¹(p);
- Incita os alunos ao desafio de acenderem a lâmpada, dispondo apenas desta e de uma pilha²(p);

b) *Estímulo ao pensamento e acção dos alunos*

- Chama a atenção dos alunos para as particularidades da lâmpada - um *bico* e uma saliência na rosca - a fim de que os alunos evoluam da simples tentativa para uma acção mais consciente no acender da lâmpada³(p);
- Recorre às formulações incorrectas dos alunos, quando descrevem as ligações que fizeram, ao acender a lâmpada, para que testem essas ideias e se apercebam do erro⁴(p);

Exemplo

Aluno: *Liguei as duas chapinhas da pilha à rosca da lâmpada.*

Professor: *Foi mesmo isso que fizeste ? Faz o que acabaste de dizer para ver se a lâmpada acende.*

A professora chega mesmo a fazer o contacto dos dois pólos da pilha com a rosca da lâmpada para confrontar os alunos com a evidência de que a lâmpada não acende;

- Fornece um fio condutor a cada grupo e solicita que tentem acender a lâmpada utilizando o fio nas ligações a efectuar⁵(p);
- Em face da regressão ao modelo *fonte-consumidor* e evidente dificuldade dos alunos em darem ao fio uma função na construção do circuito, enfatizou a existência

de uma saliência na rosca e um *bico*, na lâmpada, e de duas *chapinhas* na pilha, todos devendo ser utilizados nas ligações a fazer⁶(i);

- Percorrendo por vários grupos, alertou para a ausência de função do fio na forma como tentavam acender a lâmpada com recurso a um fio, sugerindo que o retirassem para que vissem que a lâmpada continuava acesa, quando era caso disso⁷(i);

- Foi necessário, nos diferentes grupos, estabelecer a ligação entre um pólo da pilha e um terminal da lâmpada, deixar em aberto a outra ligação pilha-lâmpada e perguntar directamente aos alunos como utilizar o fio para estabelecer a ligação que faltava fazer. Aí o *insight* necessário aconteceu⁸(i);

- Desafia os alunos a que acendam a lâmpada utilizando dois fios condutores⁹(p);

- Circulando pelos grupos, alertou, quando necessário para que o segundo fio estabeleceria uma ligação idêntica à já desempenhada pelo outro fio¹⁰(i);

- Fornece a cada aluno uma folha de papel de desenho e solicita que desenhem as três diferentes maneiras de acender a lâmpada: sem fio, com um fio e com dois fios¹¹(p);

- Alerta alguns alunos para a discrepância entre o que desenham e o modo com fizeram as ligações, incentivando-os a refazerem o circuito e a observarem-no mais atentamente, ou incentiva os alunos a montarem o circuito tal qual o desenho, a fim de testarem a funcionalidade do modelo representado¹²(i);

- Alerta alguns alunos para a discrepância entre o seu desenho do circuito e o modo como fizeram as ligações, incentivando-os a refazerem o circuito e a observarem-no mais atentamente¹³(p);

- Incita os alunos a pensarem e a escreverem uma frase, em grupo, sobre o que há de comum nas três situações que permite a lâmpada acender¹⁴(p);

- Promove a discussão/reflexão, nos grupos e em plenário, em torno das ideias avançadas pelos alunos quanto ao que há de comum nos três contextos do circuito.

Exemplo: *Será que um colega de outra turma, que não tenha aprendido o que vocês aprenderam hoje, ficará a saber o que fazer se lhe disserem que “o bico e a rosca da lâmpada têm que estar ligados aos pólos” ?*¹⁵(i)

- Solicita a alguns alunos que façam os seus desenhos no quadro, a fim de ser facilitada e estimulada a discussão com a turma¹⁶(i);

- Tenta sistematizar e consolidar o modelo científico de circuito eléctrico, apresentando a analogia com o circuito hidráulico, e incentivando os alunos a fazerem a correspondência biunívoca entre os diferentes elementos do circuito hidráulico e do circuito eléctrico¹⁷(i).

c) Sentimentos e atitudes da professora

- Oscila entre satisfação, afabilidade e surpresa, por um lado, face ao entusiasmo e aprendizagens dos alunos, e impaciência e irritação, por outro lado, admoestando frequentemente os alunos com rispidez e agressividade, ora pela “desordem” que provocam, ora por dificuldades reveladas por alguns alunos;

- Alheou-se frequentemente da aula, quando o investigador tomava a seu cargo a orientação da turma e interacção com os grupos.

d) Sentimentos e atitudes do investigador

- Satisfação pela abundância de material e pelo esmero que a professora pôs em providenciar;

- Satisfação e surpresa pelo nível de compreensão do modelo científico de circuito que boa parte dos alunos conseguiram atingir;

- Frustração face ao alheamento da professora nos períodos de intervenção do investigador, correspondentes a momentos críticos de sustentação ao desenvolvimento das actividades, pois esperava-se que fossem aproveitados para uma acuidada observação e envolvimento pessoal, na perspectiva da melhoria de um posterior desempenho;

- Desconforto e mal-estar, que se sentiu obrigado a conter, face às repreensões ríspidas e agressivas dirigidas à turma ou a certos alunos individualmente, por parte da professora, por vezes em momentos de grande exigência de concentração e reflexão, o que tinha um efeito perturbador do desenvolvimento das actividades e do fluxo do pensamento

3. *Papel dos alunos*

a) Desenvolvimento de ideias

- Na modalidade de circuito *sem fios*, iniciam a exploração tacteante, tendo somente como adquirida a necessidade de um contacto entre a pilha e a lâmpada. Em cinco minutos todos os grupos tinham conseguido acender a lâmpada sem que lhes tenha sido dada qualquer instrução²;

- Quando querem reproduzir o mesmo efeito (lâmpada acesa) voltam às tentativas, revelando não terem ainda realizado a aprendizagem das ligações necessárias²;

- Em resposta ao desafio para acenderem a lâmpada, recorrendo a um fio, há alunos que:

i) com o fio ligam os pólos da pilha entre si e, indiferentes a isso, ligam um dos terminais da lâmpada a um dos pólos da pilha (há uma regressão ao modelo de circuito fonte-consumidor);

ii) recorrem a outros arranjos em que o fio não é de facto intercalado de modo a funcionar como lugar de passagem da corrente, dando-se por satisfeitos quando, acendendo a lâmpada na modalidade *sem fio*, têm o fio colocado algures, não importa onde⁵;

- Utilizam cada fio (no caso da modalidade de circuito *com dois fios*) para estabelecer uma ligação pilha-lâmpada, alguns já sem ajuda e outros carecendo ainda de alguma interacção⁹;

- A propósito do que há de comum, em termos das ligações, nos três contextos do circuito: *Tem que haver alguma coisa em comum* (Zé Pedro, 9 anos); *a electricidade tem que circular porque vai da pilha para o fio e do fio para a pilha* (Sofia, 10 anos); *a electricidade dá uma volta porque vai da pilha para o fio e para a lâmpada e vai outra vez para a pilha e sai outra vez* (Inês, 9 anos); *a lâmpada tem que estar ligada pelo bico e pela rosca* (Filomeno, 9 anos)¹⁴;

- Frases dos grupos: *É preciso que a electricidade passe de um lado para outro (da pilha), e a lâmpada faz a ligação;* (a electricidade) *tem que circular dos pólos para a lâmpada e da lâmpada para os pólos; é preciso fazer a ligação entre o bico e a rosca; o bico e a rosca da lâmpada têm que estar ligados aos pólos;* Após uma questão de clarificação desta frase, por parte do investigador: *o bico tem que estar ligado a um pólo, e a rosca tem que estar ligada a outro pólo* (Zé Pedro, 9 anos)¹⁴;

- Alguns alunos fazem a correspondência biunívoca entre os diferentes elementos do circuito eléctrico e os do circuito hidráulico¹⁷.

b) Desenvolvimento dos processos

- *Levantam questões* quanto ao que fazer com o material: *vamos fazer uma ligação da lâmpada para a pilha, a pilha tem electricidade e a lâmpada vai acender; vamos pôr*

*a lâmpada em cima da pilha e vai dar luz; vamos ligar os fios e tentar acender a lâmpada*¹;

- Fazem tentativas de contacto pilha-lâmpada e *observam* os resultados de tais tentativas na modalidade de circuito *sem fio*²;

- *Observam* as ligações correspondentes à situação em que a lâmpada acende^{2,3,4};

- Quando já conseguem acender a lâmpada, sem fio e sempre que o desejam, ao *comunicarem* como o fazem não há correspondência entre o que dizem e o que fazem⁴;

- *Testam* as suas formulações acerca de como consideram serem feitas as ligações pilha-lâmpada⁴;

- *Observam* com maior acuidade as ligações pilha-lâmpada, de modo a melhor *comunicarem* em que condições se estabelece o circuito^{4,6,7,8,10};

- Reconstroem os circuitos, nas diferentes modalidades, de modo a *observarem* de forma mais cuidadosa as ligações efectuadas e assim melhor poderem *comunicar* graficamente os circuitos construídos^{11,12};

- Grande parte dos alunos *identificam a regularidade* patente nos três contextos de construção do circuito: *o bico tem que estar ligado a um pólo e a rosca tem que estar ligada a outro pólo*^{14,15};

- *Comunicam* os três modos de ligação que permitem acender a lâmpada em forma de desenho. De início não há correspondência entre desenho e realidade, não só por eventual dificuldade dos alunos em passarem da realidade à representação gráfica, mas igualmente por entenderem que na tarefa se valoriza mais a arte do desenho do que o seu conteúdo (discrepância professor/aluno quanto ao objectivo da tarefa). Há

alunos que, a par e passo, *observam* e desenham a montagem por eles construída., aperfeiçoando assim os processos *observar e comunicar*^{11,12,13};

- Alguns alunos *interpretam observações*, construindo mentalmente o modelo de circuito (ver *ideias dos alunos*): vários alunos representam com uma seta, a par dos fios, o sentido de fluxo da electricidade de um pólo para outro; a Inês (9 anos) solicitada a fazer o desenho do circuito no quadro e a representar por setas o modo como circularia a electricidade, fez uma seta junto dos fios, correspondente ao sentido de um pólo para outro fora da pilha, mas igualmente uma seta, sobre a pilha, no mesmo sentido que o anterior, supostamente correspondente ao fluxo da electricidade, de um pólo para outro, no interior da pilha^{14,15};

c) *Sentimentos e atitudes*

- Aceitação do desafio de acenderem a lâmpada, de diferentes modos, com empenhamento e interesse;
- Grande excitação e alegria no momento em que conseguem acender a lâmpada;
- A explosão de contentamento é muito evidente quando os alunos obtêm sucesso, depois de uma certa tensão resultante algum tempo de esforços mal sucedidos;
- Há alunos numa atitude nitidamente reflexiva na fase de construção mental do modelo científico de circuito por via do desenho-experimentação-observação-desenho;
- Envolvimento genuíno na troca de ideias e pontos de vista;
- Interesse e curiosidade em testarem experimentalmente as suas previsões após a resolução da ficha de aplicação;

- Exclamações de contentamento ao comprovarem experimentalmente as suas previsões.

d) Funcionamento dos grupos

- Predominância de alguns alunos na manipulação dos materiais;
- Há uma real discussão e troca de pontos de vista, de forma autónoma;
- Não ficam na dependência do professor ou investigador, mas o desenvolvimento das actividades e interacção no grupo são activados por momentos de interacção daqueles com o grupo;

4. Apreciações e comentários interpretativos do investigador após análise do diário

- No processo da efectiva aquisição do modelo científico de circuito, a partir de êxitos obtidos por livre exploração, identificámos um percurso evolutivo em que o desenho desempenha uma função de primordial importância. Esquemáticamente, e tendo em conta que o que se afirma tem o significado de uma certa preponderância estatística, podemos representar essa evolução em 10 passos:

1º - As crianças, antes de qualquer possibilidade de exploração, começam por representar o circuito através de uma simples ligação entre a pilha e um ponto qualquer na base da lâmpada;

2º - Ao pedir-se-lhes que acendam a lâmpada sem recurso a qualquer fio, as crianças começam por testar a ideia de uma só ligação. Depois, por via de livre exploração conseguem acender a lâmpada ao fim de cerca de 5 minutos. Fazem-no contudo de forma acidental e revelam dificuldade em repetir o efeito anteriormente produzido;

3º - Em resultado de novas tentativas, e alertados para a existência na base da lâmpada de um *bico* e uma *rosca*, bem como de duas chapinhas metálicas (pólos) na

lâmpada, acabam por conseguir acender a lâmpada sempre que querem, agora de forma consciente;

4° - Quando se lhes pede que representem através de um desenho, o modo como conseguiram acender a lâmpada, grande parte dos alunos faz somente uma ligação ou fazem duas ligações de forma incorrecta, como mostra a figura;

5° - Interpelados os alunos a experimentarem acender a lâmpada, fazendo a ligação tal como se apresenta no desenho, as crianças apercebem-se do erro cometido e corrigem o desenho. A figura representa a evolução de um mesmo aluno;

6° - Ao pedir-se-lhes que acendam a lâmpada, recorrendo a um só fio, as crianças na generalidade não utilizam o fio fornecido para fazer uma das ligações pilha-lâmpada. Alguns alunos regridem novamente ao modelo de circuito fonte-consumidor. É necessário focalizar-lhes novamente a atenção para a função específica dos dois terminais da lâmpada. É ainda necessário que o professor estabeleça uma ligação pilha-lâmpada e lhes pergunte o que fazer como fio, para que se produza o

insight necessário que permite aos alunos utilizarem o fio para fazerem a outra ligação pilha-lâmpada;

7º - Ao pedir-se-lhes o desenho do circuito com um só fio, surgem novamente dificuldades quanto à representação a fazer. Os alunos precisam ser induzidos a fazer uma observação mais apurada, confrontando o desenho com as ligações que realmente fazem, de modo a fazerem correctamente o desenho;

8º - Quando se pede aos alunos que façam o circuito com dois fios, existem já poucas dúvidas quer na execução das ligações, quer no desenho a efectuar;

9º - Quando solicitados a analisar os três diferentes contextos de montagem do circuito eléctrico, os alunos reconhecem que há algo de comum em todos eles: *o bico da lâmpada tem que estar ligado a um polo da pilha e a rosca tem que estar ligada ao outro polo da pilha;*

10º - Há um número significativo de alunos que interpreta o funcionamento de um circuito eléctrico: *a electricidade anda à volta porque sai da pilha, passa pelos fios e pela lâmpada, entra na pilha e sai outra vez da pilha.*

Todo este processo, que dura cerca de 2 horas e meia, desenvolve-se de uma forma permanentemente reflexiva. Ele só é possível em resultado de um constante *vai-e-vem* entre experimentar/observar, por um lado, e desenhar/observar, por outro lado. O desenho tem pois um papel de avaliação e auto-avaliação fundamental em todo este processo de ensino-aprendizagem.

- A discussão inicial, na introdução das actividades foi bem conduzida pela professora;
- A professora entregou tacitamente a orientação das actividades ao investigador, nos momentos mais críticos;
- A professora manifestou ter o conhecimento de como estabelecer as ligações na construção do circuito eléctrico, nos três contextos diferentes. Contudo a deficiente exploração das ideias dos alunos parecem indicar que não atingiu uma compreensão do modelo científico de circuito ao mesmo nível que foi atingido por alguns alunos. Por várias vezes manifestou a sua falta de interesse pela electricidade sublinhando, por outro lado, a sua preferência pela Língua Portuguesa.

5. Doseamento e natureza das intervenções da professora e do investigador

A professora consegue de início dar execução ao guia de actividades, seguindo as recomendações nele contidas. Porém, à medida que as situações requerem decisões tomadas no momento, vai-se gerando um distanciamento crescente entre o que a professora tem em mente e o que se está a passar na mente dos alunos. Nesse processo de afastamento é opção do investigador ir no encalço dos alunos, sentindo-se por isso impelido a assumir um maior protagonismo na orientação das actividades. Isso provoca na professora, não só uma redução da sua intervenção, mas também um certo alheamento. A professora parece ficar, apenas, na expectativa de que se encerre o

período de intervenção improvisada do investigador, para retomar o seu papel de introdução de uma nova fase do desenvolvimento das actividades, prevista no guião.