Escola Superior de Educação de Castelo Branco
16294
Da construção do conhecimento didáctico na formação de professores de ciências : conservação da massa nas reacções químicas
001.89 PAI Dac

aria de Fátima Carmona Simões da Paixão

Da Construção do Conhecimento Didáctico na Formação de Professores de Ciências

Conservação da Massa nas Reacções Químicas: Estudo de Índole Epistemológica

Volume I

Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa
UNIVERSIDADE DE AVEIRO

1998

Da Construção do Conhecimento Didáctico na Formação de Professores de Ciências.

Conservação da Massa nas Reacções Químicas: Estudo de Índole Epistemológica.

Volume I

Maria de Fátima Carmona Simões da Paixão

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Doutor no ramo de Didáctica na especialidade de Didáctica das Ciências.

Orientação de Professor Doutor António Francisco Cachapuz

ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO CAMILO CASTELO BRANCO
OFERTA
16294

Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa

UNIVERSIDADE DE AVEIRO

1998

Ao Tiago e todos os meninos e meninas que com ele iniciarão o estudo da Física e da Química já depois do ano 2000 e também aos professores que com eles hão-de partilhar essa aventura.

Agradecimentos

Agradecer é expressar um sentimento maravilhoso em que reconhecemos a importância da participação dos outros para que nos pudéssemos ultrapassar a nós próprios.

Porque este trabalho só foi possível pela colaboração recebida, chegou o momento de expressar esse reconhecimento àqueles que, de uma ou de outra forma, me ajudaram a superar-me a mim própria para levar até ao fim esta tarefa.

O agradecimento mais profundo, vai e em primeiro lugar, para o meu Orientador, Professor Doutor António Francisco Cachapuz, pela permanente, intensa, crítica e sábia orientação pautada por desafios exigentes e constantes que me tem lançado e por um questionamento e reflexão permanentes a que passei a submeter toda a minha vida profissional de professora, formadora de professores e investigadora. Tal percurso, iniciado com a orientação da dissertação de Mestrado, é já longo, mas desejo que não termine com o fechar deste trabalho.

Ao Doutor João Praia estou grata pela grande disponibilidade, quer pela sua participação directa na formação dos professores colaboradores quer pelas discussões no âmbito das questões epistemológicas de que é um conhecedor profundo e entusiasta.

À Doutora Mariette Pereira, grande amiga de sempre, agradeço por um apoio infindável e entusiástico, e pelas discussões muitas vezes em desacordo comigo, que me ajudam a reforçar as posições em que acredito.

Também à Mestre Maria Teresa Geraldes Freire, agradeço pela amizade que iniciámos com a nossa chegada à Universidade de Aveiro e que perdura, mas igualmente pelo apoio, em particular na revisão do texto de alguns capítulos desta Dissertação.

A todos os professores e professoras que foram participantes e colaboradores neste trabalho: Dra. Alexandrina Antunes, Dra. Amélia Canelas, Dr. António Matias, Dra. Margarida Pinho, Dra. Margarida Ferreira, Dra. Marina Santos, Dra. Maria José Romão. Sem eles não podia ter sido concretizado. Estou-lhes grata pelo empenho, pela disponibilidade, às vezes sacrifício.

A todos os alunos, pela participação e pelo entusiasmo. Também pelo reconhecimento de que este trabalho lhes era dirigido.

Às Escolas Básicas e Secundárias em que parte deste trabalho foi desenvolvido; à receptividade dos Presidentes dos Conselhos Directivos e alguns apoios técnicos particulares.

À Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Castelo Branco, cumplice comigo na valorização deste trabalho. Em particular ao seu Director, Professor Luís Costa, pela disponibilização de meios, e ao Centro de Recursos da ESECB pela imensa colaboração técnica.

Ao Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa da Universidade de Aveiro, a todos, pelo carinho e pela receptividade, que já lá vão oito anos, me têm dispensado.

A todos os amigos que me incentivaram.

À memória do meu Pai, à minha Mãe, à Quina, ao António e de forma particular à Ana, a todos dedico este trabalho.

Ao Luís e ao Tiago, mais em particular, pelas suas presenças constantes e pelo tempo que não lhes dediquei.

Resumo

O Estudo apresentado situa-se no âmbito e contexto da Formação de Professores. É sentida uma grande necessidade de inovação e mudança face às novas orientações no campo da Didáctica das Ciências com vista à obtenção de aprendizagens significativas nos alunos, orientadas no sentido da construção de imagens actuais sobre ciência e conhecimento científico.

No Primeiro Capítulo apresentam-se as linhas de orientação da investigação em Didáctica das Ciências impulsionadoras de amplos movimentos de reformas curriculares que propalavam as linhas de uma Educação Científica para Todos os Cidadãos, necessariamente no que diz respeito à Escolaridade Básica, na perspectiva da ciência como cultura. Analisam-se as propostas básicas da Reforma Curricular portuguesa e em particular o Programa para o 3º Ciclo do Ensino Básico. Estando, embora, numa fase de declínio do entusiasmo posto na Reforma, em particular pela ineficácia na alteração efectiva de práticas de ensino, acentuaram-se as preocupações de como melhorar o ensino das ciências. Considera-se que é indiscutível a necessidade de renovadas apostas e propostas na formação de professores.

É deste modo indispensável apresentar, para contextualizar o estudo, as tendências da investigação em Didáctica das Ciências, considerando as reorientações para o ensino/aprendizagem: Valorização da História da Ciência (HC), Revalorização do Trabalho Experimental (TE) e a consideração de perspectivas apontadas pelo Movimento CTS. Este último é apresentado, não simplesmente como uma perspectiva de proposta curricular, mas sim, entroncando em raízes epistemológicas de cariz externalista. Por isso mesmo, aparece como um passo em frente em relação ao modelo de mudança conceptual (MMC) cujas principais limitações têm a ver com a sua base assente em quadros epistemológicos internalistas.

Situando-se o Estudo no âmbito da Didáctica e Formação Contínua de Professores para práticas inovadoras, seleccionou-se um assunto programático central e relevante de reconhecido valor histórico-cultural e epistemológico que pode contribuir para criar imagens mais consistentes sobre ciência: "Conservação da Massa nas Reacções Químicas", um tema de realçada centralidade nos Programas.

No contexto apresentado, é com base nas seguintes Hipóteses de Trabalho que se desenvolve a investigação:

- As práticas de ensino dos professores são essencialmente guiadas por preocupações de natureza pedagógica e as imagens sobre ciência e conhecimento

científico não são consonantes com o Quadro da Nova Filosofia da Ciência, o que conduz à problemática de consideração de estratégias de formação de professores de sentido inovador. Tomaram-se ainda outras duas Hipóteses orientadoras:

- Que é possível delinear e construir estratégias de ensino, nomeadamente privilegiando a História da Ciência, o Trabalho Experimental e a consideração de perspectivas CTS, que valorizem uma imagem da ciência e do conhecimento científico mais conforme com o quadro da Nova Filosofia da Ciência (NFC).

- Que fazer Formação de Professores numa perspectiva de Investigação-Acção, orientando-os para uma leitura fundamentada e crítica dos Programas, envolvendo-os e responsabilizando-os na preparação e/ou discussão das suas práticas de ensino, iniciando-os na reflexão epistemológica dos assuntos e das práticas, resulta numa melhoria substancial do seu desempenho profissional, aproximando-se as imagens sobre ciência, passadas na sala de aula, de uma perspectiva mais consonante com as propostas da NFC.

É pressuposto que, como resultado de um tal percurso, as aprendizagens dos alunos sejam melhoradas no sentido já descrito.

São Objectivos do Estudo:

1- Descrever e analisar criticamente o discurso epistemológico de professores de Física e Química nas suas práticas de ensino, incidindo no âmbito da Conservação da Massa nas reacções Químicas (8º ano de escolaridade).

2- Construir uma proposta de planificação epistemologicamente fundamentada na NFC para a abordagem do tema "Conservação da Massa nas Reacções Química" referente ao Programa da Reforma Curricular para o 3º Ciclo do Ensino Básico.

3- Desenvolver e avaliar um percurso de formação de professores para o ensino do tema proposto, nas perspectivas anteriormente descritas.

Após o enquadramento do Estudo apresentamos o Quadro Teórico no qual ele se situa. Desta forma o Capítulo Dois aprofunda considerações sobre o significado da Filosofia da Ciência/Epistemologia de que a Didáctica se apropriou para se fundamentar. São, em particular, discutidos os aspectos problemáticos centrais da Epistemologia, fazendo a distinção entre perspectivas tradicionais e perspectivas provenientes da NFC: Metodologia Científica, Dinâmica da Construção do Conhecimento, Face Humana e Social da Ciência.

A estratégia metodológica delineada apresenta-se no Terceiro Capítulo e organiza-se em três fases principais que se articulam com os objectivos estabelecidos: Uma fase naturalista em que se investigam, após construção de um Instrumento de Análise com

base no quadro teórico apresentado, práticas de ensino, videogravadas e transcritas em protocolo. Foram analisadas 40 aulas. Simultaneamente analisam-se, através de um questionário aberto, as leituras epistemológicas do Programa.

A segunda fase do Estudo é constituída essencialmente pelo desenvolvimento de um Programa de Formação Contínua de Professores, numa perspectiva de Investigação-Acção. Durante esta fase organiza-se uma planificação de ensino para a temática seleccionada, epistemologicamente fundamentada.

A implementação da planificação concebida e a respectiva avaliação do impacte da formação proporcionada a duas professoras colaboradoras é desenvolvida durante a terceira fase.

É nesta perspectiva metodológica que os Capítulos seguintes são organizados:

O Capítulo Quatro descreve e analisa as perspectivas epistemológicas subjacentes às práticas de ensino de quatro professoras, tendo sempre presente o Instrumento de Análise referido.

O Capítulo Quinto apresenta a planificação analisada com as professoras colaboradoras da terceira fase bem como um Documento sobre a temática científica seleccionada, concebido para ser utilizado na formação de professores, no sentido de aprofundamento do tema numa perspectiva científica e histórica, epistemologicamente reflectida.

O Capítulo Sexto dá conta dos resultados da prática de ensino desenvolvida pelas duas professoras colaboradoras, após o período de formação e com base na planificação concebida e desenvolvida. Foram analisadas 15 aulas. Após a descrição e análise da prática de ensino de cada uma das professoras segue-se uma síntese, organizada de acordo com o quadro teórico de análise, e caracterizando o perfil epistemológico das práticas desenvolvidas. Entrevistas a professoras e alunos completam essa análise.

As Conclusões do Estudo são apresentadas no Capítulo Sete. Em resumo:

Relativamente à primeira fase concluímos que a importância atribuída ao assunto não pareceu sentida pelas professoras. Em nenhum dos casos se faz referência à existência de substâncias gasosas, à polémica que ao tempo de Lavoisier animou a comunidade científica em torno da alteração de uma teoria e ao envolvente sócio-económico, tecnológico e político que a enquadrou. É o conteúdo, de per si, que é valorizado, identificado por um conjunto de termos, factos e experiências, vulgo, uma imagem da ciência como retórica de conclusões.

Parecem ser de natureza pedagógica as principais preocupações das professoras. O perfil epistemológico comum que é possível estabelecer encaminha-se para a consideração de uma dose de realismo ingénuo, pendor mais empirista, pela grande valorização da observação, pelo papel central atribuído à experiência e pela ausência de

considerações teóricas antecedendo a observação. Assuntos sem estrutura e sem história. Imagem de ciência neutra, dogmática, linear. Conhecimento científico inequivocamente verdadeiro, acabado, aproblemático.

Na fase de formação as duas professoras aderiram, fizeram leituras de fundamentação epistemológica, mostraram-se críticas e colaboradoras. Durante a discussão da proposta de planificação fizeram a articulação das finalidades com os materiais construídos e com as estratégias propostas e discutiram a sua articulação no Programa. Ajustaram a proposta às suas respectivas turmas. Reflectiram e avaliaram o processo de formação considerando-o positivo no que respeita ao impacte produzido nas suas vidas profissionais e nas suas práticas de ensino.

Na terceira fase podemos concluir que foi passada na sala de aula uma imagem de pendor mais racionalista do papel e valor da experiência, valorizando a teoria e a previsão. Há um abandono da perspectiva realista ingénua para uma diferente perspectiva de imagem do real e a consideração e exploração do erro. É principalmente notória a valorização da História da Ciência como estratégia. Realçada a interdependência CTS e o valor social do conhecimento científico. Houve, sem dúvida, evolução positiva, ao nível da organização do ensino, ao nível da realização prática, ao nível da estruturação das actividades, ao nível da consistência epistemológica das imagens passadas na sala de aula.

Consideramos, pois, corroboradas as hipóteses que guiaram a Investigação.

Algumas das implicações deste Estudo dirigem-se para a necessidade de mais e melhor formação de professores, no sentido de que tenha como finalidade a efectiva alteração das práticas de ensino, em particular ao nível do ensino básico, em que se visa formar cidadãos, e não, ainda, cientistas. Outra proposta vai para a necessidade de uma reestruturação dos Programas Oficiais no sentido de uma organização em torno de temáticas, onde se explorem problemas e não só conceitos.

Todo o desenvolvimento do Estudo aponta para a consideração da investigação em Didáctica das Ciências como catalisador de mudanças. Reforça-se a importância de desenvolver investigação com os professores e não investigação sobre os professores.

Palavras-chave: Formação de Professores, Reforma Curricular, Ensino das Ciências, Física e Química, Reacções Químicas, Conservação da Massa, Lavoisier, Epistemologia/Filosofia da Ciência, História da Ciência, Trabalho experimental, Perspectiva CTS.

Abstract

The present study is situated in the scope and context of the Teachers Education. It is guided bo the orienting principles of a "Scientific Education for All", especially the perspective of science as culture. An analysis is carried out of basic proposals of the new portuguese Curricular Reform, which is in a phase of declining enthusiasm due to the ineffectiveness of the changes in teaching techniques, thus increasing worries on how to improve the teaching of the sciences.

The study is put into the context of the tendencies of Science Education research and in epistemological framework of the New Philosophy of Sciences (NPS) considering the increased value of the History of Science, the reevaluation of practical work and the consideration of perspectives of the STS Movement.

A main curricular (basic education) theme of relevant historical and cultural merit was selected, which may contribute to the creation of more consistent images of science: "Mass Conservation in Chemical Reactions".

The research is develloped based on the following working Hypotheses:

- The instructional practices of techers are mainly guided by pedagogical concerns and the images of science and scientific knowledge are not in agreemente with the proposals based on the New Philosophy of Science. This seems to be the starting point which justifies considering two other working hypotheses:

-That it is possible to elaborate stategies, namely favoring the HC, TE and the perspective of the STS Movement, which value a perspective of science and scientific knowledge more closely in agreement with the New Philosophy of Science.

-That to carry out Teacher Education exploring action-research perspective, orienting teachers towards a critical and epistemologically based reading of the Programs, by envolving them and making them responsible for the preparation and/or discussion of the teaching, leading them to an epistemological reflection of the matters and to teching and learning, results in a substantial improvement of their teching practices and professional fulfillment, according to the NPS reference framework.

The implication is, naturally, that as a result of an innovation teaching pathway, the learning of the students about science will be more valuable in the sense previousely described.

The aims of the Study are:

1- To critically describe and analyze the epistemological discourse of Physics and Chemistry' Teachers in their instructional practices, focusing on the "Mass Conservation in chemical reactions".

2- To design an innovative proposal of teaching strategies based on that theme and exploring the perspective of the NPS.

3- To evaluate both the professional impact of the techer education program developed and the implementation of the teaching proposal.

The central problematic aspects of the Philosophy of Science are discussed, distinguishing between traditional perspectives and those which result from NPC: Scientific Methodology, Dynamics of the Construction of Scientific Knowledge, Human and Social Face of Science.

The methodological strategy outlined is organized in three main phases which are related to the established objectives: One naturalist phase in which teaching practices of four teachers are investigated. The second phase contains the development of a Program of in-service Teacher Education, exploring the perspective of Research-Action. During this phase a new teaching plan was eleborated together with new didactic resources. In the third phase the implementation of the new developed plan is carried out by two cooperative teachers and the impact of the whole program is evaluated.

Epistemological perspectives of the teachers are described and analysed, before and after the training phase. The analisis is based on a theoretical framework developed for this study which is congruent with orienting principles of NPS.

The conclusions of the study are presented, considering the hypotheses which oriented it to have been corroborated. Some of the implications of the study point to the necessity for changes both at three different levels: teacher education, curricullum design and Science Education Research.

Keywords: Teachers´ Education, Science Teaching, Physics and Chemistry, Chemical Reactions, Mass Conservation, Lavoisier, Philosophy of Science, History of Science, Practical Work, STS Perspectives.

Índice

Capítulo 1 - Contexto e Problema Didáctico da Investigação

1.1. Introdução 1

1. 2. As Bases da Nova Didáctica das Ciências 3
1.2.1. Tendências da Investigação em Didáctica das Ciências 3
1.2.1.1. Significado e Objecto da Didáctica 3
1.2.1.2. Críticas e Desafios do Construtivismo 8
1.2.2. A Nova Filosofia da Ciência como Fundamentação de
Perspectivas Inovadoras de Ensino e (re)orientação para a Didáctica 17
1.2.2.1. Valorização da História da Ciência 24
1.2.2.2. Revalorização do Trabalho Experimental na Perspectiva
de Trabalho Científico 35
1.2.2.3. Perspectivas Apontadas pelo Movimento CTS 49

1.3. Práticas de Ensino e Imagens sobre Ciência de Professores
e de Alunos 63
1.3.1. Metodologia da Ciência e Relação Teoria/Observação
e Papel da Experiência 65
1.3.2. Construção do Conhecimento Científico
e Perspectiva de Erro e de Verdade 67
1.3.3. Face Humana e Social da Ciência 68

1. 4. Apostas e Propostas de uma Reforma Curricular 69
1.4.1. Reforma Curricular: as Intenções e o Percurso 69
1.4.2. Instrumentos da Reforma - Novos Programas 76
1.4.3. Programa de Física e Química - Uma Análise Epistemológica 78
1.4.4. Leitura do Programa por Professores de Física e Química
- um Contributo para Fundamentar a Problemática da Investigação 93

1.5. Ascensão e Declínio de uma Reforma
e a Formação de Professores para a Mudança 95
1.5.1. Desencantos Inevitáveis 95
1.5.2. Necessidade de Formação Contínua Renovada 98

1.6. O Tema da Investigação:
Conservação da Massa nas Reacções Químicas - Pertinência do Assunto..... 102

1.7. Questões e Objectivos do Estudo 108
1.7.1. Hipóteses de Trabalho 108
1.7.2. Objectivos da Investigação 109

1.8. Em Síntese: O Quadro Investigativo 110

1.9. O Modelo de Trabalho da Investigação 114

Capítulo 2. Filosofia da Ciência para uma Fundamentação da Didáctica

2.1. Introdução 117

2.2. A aventura da Epistemologia: Da Teoria do Conhecimento
a uma Posição de Fronteira entre a Filosofia e a Ciência 118

2.3. Epistemologia: Âmbitos e Problemas 123

2.4. Perspectivas Epistemológicas Tradicionais 129
2.4.1. Empirismo e Racionalismo Clássicos 129
2.4.2. O Positivismo como Doutrina Científica..... 132
2.4.3. O Círculo de Viena e o Empirismo Lógico 133
2.4.4. Imagens Tradicionais da Ciência 137
2.4.4.1. A Metodologia Científica 137
2.4.4.2. O Sentido da Descoberta Científica 140
2.4.4.3. Relação da Ciência com a Vida Social e com a Tecnologia 144

2.5. Posicionamento de Transição - Popper e Bunge
- Crítica do Indutivismo e Realismo Crítico 155
2.5.1. Popper - Conjecturas e Refutações/ Valor do Racionalismo Crítico .. 155
2.5.2. Bunge - O Valor da Metodologia Científica 161

2.6. Nova Filosofia da Ciência - Reposicionamento
das Questões Epistemológicas 168

2.6.1. Construtores de uma Nova Filosofia da Ciência 168
2.6.1.1. Kuhn: Valor da História e da Sociologia da Ciência 170
2.6.1.2. Lakatos: Competição de Programas de Investigação Científica 178
2.6.1.3. Feyerabend - Contra o Método e a Razão 181
2.6.2. A Nova Imagem do Saber Científico
- Contributos para um Novo Quadro Teórico 189
2.6.2.1. Metodologia Científica - Produção de Conhecimento 189
2.6.2.1.1. Pluralismo Metodológico - Metodologia Científica 189
2.6.2.1.2. Relação Teoria/Observação 190
2.6.2.2. Progressão do Conhecimento Científico..... 191
2.6.2.3. Face Humana e Social da Ciência 194

2.7. Apropriações da Epistemologia da Ciência
pela Didáctica das Ciências..... 198
2.7.1. O Papel da Epistemologia no Ensino das Ciências 198
2.7.2. Relação da Epistemologia com as Práticas de Ensino
- Aplicações na Sala de Aula..... 205

Capítulo 3. - Apresentação e Fundamentação das Opções Metodológicas

3.1. Introdução..... 212

3.2. Tendências Actuais da Investigação Educacional 214
3.2.1. Paradigma da Investigação Qualitativa - Abordagem Etnográfica 214
3.2.2. Estudo de Caso e Investigação-Acção
como Estratégias de Investigação 218
3.2.3. Para um Desenvolvimento Profissional dos Professores
- da Investigação-Acção à Formação Reflexiva 222
3.2.4. Análise de Conteúdo 225
3.2.5. Adequação das Opções 226

3.3. Plano da Investigação 228

3.4. De um Quadro Conceptual baseado na Nova Filosofia da Ciência
à Análise de Práticas de Ensino 230
3.4.1. Análise Documental - O Programa Oficial

e o Questionário aos Professores 230
3.4.2. Construção do Questionário 230
3.4.3. Instrumento de Análise das Práticas de Ensino 234
3.4.3.1. Concepção do Instrumento de Análise 234
3.4.3.2. Utilização do Instrumento na Análise dos Protocolos de Aulas..... 239

3.5. Caracterização do Ponto de Partida - Primeira Fase 243
3.5.1. Justificação da Análise da Prática de Ensino 243
3.5.2. As Escolas e os Professores 244
3.5.2.1. Critérios de Selecção dos Professores 244
3.5.2.2. Caracterização de Escolas e Professores 244
3.5.2.2.1. Professora A 245
3.5.2.2.2. Professora B..... 247
3.5.2.2.3. Professora C 249
3.5.2.2.4. Professora D 251
3.5.3. Aspectos Técnicos - Observação e Videogravação de Aulas 252
3.5.4. Obtenção e Organização dos Dados 253
3.5.5. Metodologia de Análise das Aulas Videogravadas 254

3.6. Planeamento da Mudança - Segunda Fase 256
3.6.1. Preparação da Planificação da Proposta de Ensino
Epistemologicamente Fundamentada 256
3.6.2. O Processo de Formação das Professoras
- Articulação da Primeira com a Terceira Fase 257
3.6.3. O Seminário de Formação: Desenvolvimento e Avaliação 260
3.6.4. A Formação Individual 262
3.6.4.1. Selecção e Caracterização das Colaboradoras 262
3.6.4.2. As Sessões de Formação 262

3.7. Inovação - Terceira Fase..... 263
3.7.1. Caracterização das Turmas 263
3.7.2. Aspectos Técnicos - Videogravação 265
3.7.3. Análise da Prática de Ensino 266

3.8. Avaliação dos Resultados da Implementação da Planificação:
A Opinião dos Professores e dos Alunos 266
3.8.1. Entrevista aos Professores 266
3.8.2. Entrevista aos Alunos 268

3.8.3. Triangulação - Professoras /Alunos /Investigadora 270

Capítulo 4 - Análise Epistemológica de Práticas de Ensino

4.1. Introdução 272

4.2. Professora A..... 274
4.2.1. Análise da Prática de Ensino 274
4.2.2. Perfil Epistemológico 306

4.3. Professora B 311
4.3.1. Análise da Prática de Ensino 311
4.3.2. Perfil Epistemológico 363

4.4. Professora C 368
4.4.1. Análise da Prática de Ensino 368
4.4.2.Perfil Epistemológico 416

4.5. Professora D 421
4.5.1. Análise da Prática de Ensino 421
4.5.2. Perfil Epistemológico 468

4.6. Síntese 475

Capítulo 5: Planificação Didáctica Epistemologicamente Fundamentada

5.1. Introdução..... 481

5.2. O Modelo de Construção da Planificação..... 484

5.3. Documento para Formação de Professores:
Perspectiva Histórico-Científica da Interpretação do Tema
"Conservação da Massa nas Reacções Químicas" 485

5.4. Articulação com o Programa - Dos Princípios Orientadores
às Indicações Metodológicas para o Tema Escolhido..... 540

5.5. Pré-Requisitos e Concepções Alternativas sobre o Tema..... 545

5.6. Sugestão de um Percurso de Desenvolvimento na Sala de Aula 552

5.7. Quadro-Síntese Geral da Planificação Diária Sugerida 563

5.8. Documentos Didácticos e Guias Metodológicos para o Professor 565

Capítulo 6 - Análise da Prática de Ensino das Professoras-Colaboradoras

6.1. Introdução..... 620

6.2. Professora Colaboradora A-2 622
6.2.1. Análise da Prática de Ensino 622
6.2.2. Perfil Epistemológico - Professora A-2 640

6.3. Professora Colaboradora C-2 648
6.3.1. Análise da Prática de Ensino 648
6.3.2. Perfil Epistemológico - Professora C-2 668

6.4. A Formação e a Prática de Ensino Reflectida pelos Participantes 675
6.4.1. Análise da Entrevista 675
6.4:1:1 Professora A-2 676
6.4:1:2 Professora C-2 685

6.5 Opinião de Alunos Participantes 693
6.5.1 Alunos da professora A-2 694
6.5.2 Alunos da Professora C-2 697

6.6.Encontro de Opiniões 699

Capítulo 7 - Conclusões e Implicações do Estudo

7.1. Introdução 703

7.2. Conclusões 704

7.3. Implicações e Reflexão Final 719

Referências 724

Anexos 759

Identificação dos Anexos 760

Capítulo 1

Contexto e Problema Didáctico da Investigação

1.1. Introdução

Eis o limiar do século XXI. Há uma emoção que se transfere da dimensão pessoal para a profissional num vai-vem dinâmico à procura de equilíbrio. Este é um estudo que claramente nasce dessa inquietude e cresce num caminho repleto de sinais já bem colocados como marcas indeléveis de uma nova organização. Os sinais são as mudanças na Sociedade, na Economia, nas Filosofias contemporâneas, nas Éticas e nas Estéticas humanas - portanto, com implicações na Educação! Parece que a Escola não lê esses sinais do caminho. Por não poder, por não querer, por não ter (tido, ainda?) acesso ao livro do código. É por esse sentir que situamos o Estudo no âmbito da Formação de Professores. Sem dúvida, esse é o amplo contexto desta Investigação.

Este Projecto é sobre formação de professores de ciências para práticas de ensino fundamentadas. É sentida uma grande necessidade de inovação e mudança face às novas orientações da Didáctica das Ciências e à ineficácia do ensino na obtenção de aprendizagens significativas nos alunos, aquelas que ultrapassam a aprendizagem da ciência e sobre a ciência e atingem igualmente a construção de imagens actuais sobre ciência. A investigação produzida nesse campo, e cujas linhas mestras de orientação apresentamos no primeiro Capítulo, provocou, em Portugal como noutros países, e nos

já passados anos da década de 80, amplos e entusiastas movimentos de reforma curricular (RC).

Com a intenção de apresentar o Contexto e o Problema Didáctico da Investigação, o Capítulo 1 faz um percurso pela análise das bases da Nova Didáctica das Ciências, pela importância e tradução didáctica da Epistemologia da Ciência, de forma a considerar as práticas de ensino e as concepções sobre ciência de professores e alunos. Passa-se em seguida para uma análise das apostas e propostas da RC portuguesa e obrigatoriamente dos instrumentos por ela produzidos para orientação na escola. Impõe-se uma análise dos Programas, em particular dos de Física e Química. Inclui-se um apontamento sobre a leitura que professores de Física e Química fazem do Programa da sua disciplina.

Analisa-se a ascensão e declínio do entusiasmo inicial posto no lançamento da Reforma. Ela teve o dom de criar momentos ímpares de intensa criatividade e produtividade por parte dos investigadores, gerando necessidade de investigação ao nível de novas propostas de práticas de ensino e renovadas apostas na formação de professores para a mudança.

Defende-se a pertinência do tema científico de investigação escolhido (conservação da massa nas reacções químicas).

O Capítulo de abertura termina com a apresentação das questões e objectivos orientadores e com uma síntese do quadro geral que referencia a leitura da investigação seguindo-se o modelo de trabalho onde se dá conta da organização global do Estudo.

1.2. As Bases da Nova Didáctica das Ciências

1.2.1.Tendências da Investigação em Didáctica das Ciências

1.2.1.1. Significados e Objecto da Didáctica.

Didáctica e Pedagogia utilizam-se na Europa desde o Renascimento para designar tentativas de sistematização do saber no campo da educação, numa perspectiva de aplicação geral.

Rousseau lança os fundamentos da Escola Nova do século XIX, onde o aluno desempenha um papel activo. O termo *Curriculum,* do final do século XIX e início do século XX, designa o estudo, planificação, desenvolvimento, avaliação do processo institucional, sistemático, de ensino e aprendizagem (Rosales 1988, 29 *in* Lourenço 1991). O conceito de Ciências da Educação data apenas dos princípios do século XX, quando em 1912 é criado em Genebra o "Institut des Sciences de l'Éducation", que pretende revigorar a reflexão sobre a actividade educativa. Os movimentos de Educação Nova chamam a atenção para a necessidade de considerar os factores psicológicos, no que diz respeito à personalidade dos alunos e a aspectos dos processos educativos, contribuindo deste modo para o aparecimento da expressão "psico-pedagogia". A Didáctica e os seus problemas "são deixados aos especialistas das disciplinas científicas" (Mialaret 1987 *in* Lourenço 1991). A necessidade de manter uma relação privilegiada com a disciplina científica cujo conteúdo pretende transmitir perfila uma ideia de Didáctica simultaneamente comprometida com a disciplina científica e com a integração do ensino dessa mesma disciplina no contexto mais vasto das finalidades educativas (Lourenço 1991). É o corte definitivo com a Didáctica Magna do século XVII, não no sentido da sua importância mas no sentido da sua generalidade e universalidade, traduzidas pela máxima de Coménio da "arte de bem ensinar tudo a todos".

Uma das várias formas do conceito de Didáctica é a de "ciência que estuda e elabora teorias sobre o ensino, quer dizer, modelos que explicam ou predizem esse fenómeno e essa realidade que é ensinar" (Entonado 1986 *in* Veiga 1991).

Identificada como disciplina e campo científico, com um corpo específico e autónomo de saberes (Alarcão 1989, 1991a; Furió Mas & Gil-Pérez 1989; Mellado Jiménez & Carracedo 1994, Praia 1995), obrigatoriamente se constituiu como área curricular e de investigação autónoma com objecto e metodologias próprias. Trata-se de um conhecimento especializado mas interdisciplinar, na interface entre os conhecimentos da especialidade e os conhecimentos sócio-psico-pedagógicos.

A Didáctica tem como objecto de análise a relação aluno-conhecimento em contexto educativo e, em particular, o papel do professor nessa relação. Tomar decisões em situação e que dizem respeito à maneira mais adequada de estabelecer a relação entre o aluno e o conhecimento no contexto do processo educativo (Alarcão 1991a). A Didáctica coloca especial incidência no espaço da sala de aula e a investigação que produz tem que ser útil aos professores (Cachapuz 1995a). Aliás, tal aspecto, "a sua capacidade em dar respostas adequadas às questões postas pelos professores sobre como melhorar o ensino e a aprendizagem" (das ciências), constitui, no dizer de Cachapuz (1993b) a "pedra de toque" da investigação que produz.

Contudo, até ao início dos anos 60 era exígua a investigação em Didáctica das Ciências. A investigação neste domínio, como noutras áreas de conhecimento, brotou da necessidade de resolver problemas de ordem prática, ultrapassar "crises" no ensino e na aprendizagem das Ciências (Apple 1992). A sua génese, nos EUA e no Reino Unido, iniciou-se com Projectos de propostas curriculares, assentes em referenciais ideológicos, sociais e económicos de competitividade científica e tecnológica motivada pelo avanço da então URSS no domínio da conquista do espaço (recorde-se o lançamento pioneiro do Sputnick em 1957). Tais propostas curriculares valorizadoras do ensino da ciência como processo, com forte apoio económico e implicação de equipas multidisciplinares (Porlán Ariza 1998), favoravelmente aceites por professores e escolas, revelaram

incapacidade de promover quer o sucesso académico dos alunos (só os mais dotados e com vocação para o estudo subsequente das ciências delas tiraram partido), quer uma adequada e ampla educação em ciência num contexto de grandes modificações nas relações entre a Ciência, a Sociedade e a Tecnologia e de progressiva democratização do ensino. As críticas lançadas de dentro, mas igualmente de fora da escola, conduziram a uma segunda "crise" geradora de novos quadros teóricos e novas soluções investigativas no domínio da Didáctica. O estabelecimento de "critérios de demarcação entre o ensino e a aprendizagem" (Cachapuz 1993b) facilitaram o desenvolvimento, nos anos 80, de projectos construtivistas, nos países de origem das anteriores propostas, novamente de prioridade na inovação curricular e não na formação de professores. É neste segundo domínio que em Portugal se inicia o desenvolvimento da investigação em Didáctica, ao nível das instituições de formação de professores, pela necessidade da docência da disciplina curricular, conferindo-lhe uma componente de formação, que antecedeu, propriamente, a investigação. Contudo, "o saldo que é possível traçar para a IDC (Investigação em Didáctica das Ciências) em Portugal é claramente positivo", pautando-se por padrões de qualidade comparáveis aos de outras áreas já estabelecidas (Cachapuz 1997, 213).

Assim, após a consolidação como disciplina curricular tornou-se numa área de intervenção no sentido de produzir materiais de ensino, fruto da sua experiência, das suas reflexões e investigações, tomando consciência de que a prática de ensino tem uma vertente conceptual (Alarcão 1991a). É nesse sentido que Appleton (1993) refere a necessidade de uma base teórica para reflectir e guiar a prática de ensino e que Porlán Ariza (1994) define a Didáctica como teoria-prática para a intervenção, considerando três planos de desenvolvimento: teórico de carácter científico e ideológico, eminentemente prático com hipóteses de intervenção e ainda um plano de actuação profissional de aplicação de estratégias de ensino concretas em relação com os planos anteriores.

Quanto à **natureza da investigação em Didáctica das Ciências** que se desenvolveu, pode ser perspectivada, principalmente, à luz de dois discursos, que Cachapuz (1993b, 18) refere como Didáctica Instrumental e Didáctica Construtivista, cuja dominância temporal é separada pelo marco dos anos 80, reflectindo cada uma delas uma posição teórica epistemologicamente identificada relativamente à natureza da ciência e da construção do conhecimento e à consideração da natureza do processo de aprendizagem. É possível resumir as características de cada uma das abordagens: 1- Didáctica Instrumental com enfoque epistemológico empirista, perspectiva de aprendizagem behaviorista e ênfase nos métodos e técnicas de ensino, na estrutura do conteúdo sem referência aos saberes do aluno e essencialmente prescritiva; 2- Didáctica Construtivista com enfoque epistemológico racionalista/construtivista, perspectiva de aprendizagem cognitivista e ênfase nas interrelações entre saberes do aluno e saberes da ciência, heurística (Cachapuz 1993 b, 19).

Os anos 80 abriram caminho à ideia de um ensino das ciências para todos os cidadãos como meio para democratizar o uso social e político da ciência. Os anos 90 quiseram reafirmar esse contributo do ensino das ciências para a formação geral de todos os cidadãos. Tal permite considerar que o objectivo do ensino das ciências (que cada vez mais se dirige a alunos que não serão cientistas) incluem novos aspectos: compreensão da natureza da ciência e do conhecimento científico, valores relacionados com o vínculo entre Ciência, Sociedade e Tecnologia ou o conhecimento científico em relação com a qualidade de vida. Isto implica para a Didáctica a necessidade de um importante processo de clarificação (iniciado, sem dúvida, nos anos 80). Porlán Ariza (1998) define a etapa actual da Didáctica com alguns aspectos: visão mais relativista da ciência, visão mais complexa dos processos de ensino-aprendizagem das ciências, estudo das concepções dos alunos, crítica ao modelo tradicional e ao tecnológico, abertura interdisciplinar, análise didáctica dos conteúdos, estudo inicial das concepções dos professores, modelo alternativo construtivista, didáctica das ciências como disciplina prática.

O sentido da investigação em Didáctica das Ciências

Furió (1994) considera que pelo facto de as inovações didácticas terem muita dificuldade em chegar à sala de aula, tal aspecto está a provocar um deslocamento das prioridades de investigação em Didáctica das Ciências para o estudo do ensino e em particular do seu principal protagonista: o professor. Como diz o autor "se está pasando de investigar lo que piensa y hace el alumno en clase hacia lo que piensa y hace el profesor, tratando de analizar sus actividades y así poder descifrar las claves de su desarrollo profesional". A linha emergente de investigação é pois considerada ao nível das concepções e obstáculos dos professores. Em menor medida começam a aparecer também propostas de formação alternativas baseadas num enfoque construtivista da aprendizagem profissional. É nesta direcção que Porlán Ariza (1998) prevê o desenvolvimento futuro da Didáctica das Ciências a organizar-se em torno de quatro categorias gerais: 1) aprofundar as finalidades e fundamentos de um modelo alternativo de ensino-aprendizagem das ciências; 2) desenvolver uma nova teoria do conhecimento escolar e das estratégias que favorecem a sua construção; 3) considerar que tal teoria há-de integrar os resultados dos estudos sobre concepções e obstáculos dos alunos, sobre a análise didáctica da história e epistemologia das ciências e sobre implicações educativas das relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente; 4) desenvolver uma nova teoria do conhecimento profissional e das estratégias que favorecem a sua construção e ainda desenhar e experimentar propostas de formação de professores que tomando como referência os avanços nos pontos anteriores, tenham como orientação fundamental promover e apoiar a experimentação de hipóteses curriculares pelos professores. Estes aspectos necessitam naturalmente de estratégias investigativas apropriadas que passam por incrementar a estrutura interdisciplinar, modificar a estrutura profissional, organizar a informação empírica e fazer convergir técnicas e instrumentos em conexão entre os problemas, as hipóteses e os fenómenos da realidade, numa intenção deliberada de "new minds for a new age" (Hurd 1994).

É assim que a Didáctica, como domínio científico, ao aprofundar a dialéctica entre a investição e a acção, se lança, obrigatoriamente, na formação, articulando práticas de investigação e práticas de ensino (Cachapuz 1987) como domínio privilegiado de encontro entre discursos estreitamente interligados e mutuamente dependentes: discurso de investigação e discurso de formação (para a aplicação). O discurso de investigação é aquele que inquire, reflecte e teoriza fenómenos complexos que ocorrem na sala de aula e que reconstrói um objecto analisável, a partir de espaços pedagógicos concretos, descrevendo e interpretando actividades e estratégias que neles ocorrem. Quanto ao discurso de formação, o objectivo é desenvolver nos professores e nos futuros professores uma competência mobilizadora de conhecimentos e de atitudes já adquiridos nas áreas mais diversas (científicas e pedagógico-didácticas), levando-os a reflectir sobre práticas reais de ensino e permitindo-lhes assim reconstruí-las (Andrade & Sá 1994). São ambos discursos simultaneamente teóricos e práticos.

É no âmbito da Didáctica das Ciências, no quadro da consideração do papel da Didáctica curricular que se desenvolve o Estudo apresentado. Importa pois clarificar quadrantes de referência em que se situa tal consideração da Didáctica como domínio de investigação-acção-formação.

1.2.1.2. Críticas e Desafios do Construtivismo

A Didáctica das Ciências tornou-se, principalmente a partir da década de 80, um novo campo científico, com uma comunidade de investigação e um corpo de conhecimentos específicos. A emergência de um novo paradigma de conhecimento faz-se naturalmente por oposição ao anterior e, numa primeira fase, a sua imposição parece depender da força demolidora do ataque movido ao paradigma dominante.

Os dois paradigmas sucessivos, Aprendizagem Por Transmissão (APT) e Aprendizagem Por Descoberta (APD), são apresentados, por exemplo, por Santos

(1991), Santos & Praia (1992), e em particular por Gil Pérez (1983) em artigo intitulado "Três paradigmas basicos en la Enseñanza de las Ciencias", intrincando epistemologia, teoria da aprendizagem e modelos de ensino.

Uma das características das publicações dos anos 80 na área da investigação em Educação em Ciência (Didáctica das Ciências) é exactamente a apresentação de uma crítica (algumas vezes reducionista) ao paradigma da APD.

Como refere Gil-Pérez (1996), não podemos rejeitar o movimento da Aprendizagem Por Descoberta, como frequentemente se tem tendência a fazer, com uma exclusiva referência às suas falhas, tanto no campo da aprendizagem conceptual como na compreensão da natureza da ciência. De facto, um processo sistemático de investigação curricular e de reforma curricular fora iniciado nos anos 60. É necessário dar conta das suas limitações: extremo indutivismo, falta de atenção ao conteúdo, insistência na actividade dos alunos em completa autonomia. O tratamento científico dos problemas ficou reduzido a uma sequência linear de passos definidos, desprezando os aspectos criativos. Em termos investigativos a atenção dirigia-se para o que professor e alunos faziam na sala de aula adoptando uma perspectiva behaviorista dos processos, ignorando a importância central da aprendizagem nas aulas de ciência (Tobin 1990). Mas é necessário reconhecer o significado desta tentativa inovadora, até porque estimulou o processo de questionamento, fonte de subsequente reestruturação. As limitações do modelo da APD causaram uma reavaliação da APT, numa tentativa, sem precedentes, de a superar.

Mas as "propostas tentadoras" desenvolvidas pela APD, ainda que tendo introduzido elementos positivos no Ensino/Aprendizagem, levantaram interrogações a nível epistemológico (Praia & Cachapuz 1994a) e não tiveram sucesso a nível de aprendizagens consistentes nos alunos. As decisões no Ensino da Ciência estão enraizadas numa compreensão da natureza do conhecimento e de como os alunos aprendem. Os positivistas acreditam que é possível usar a teoria, em conjunto com observação isenta e descobrir fenómenos que existem no mundo real. O objectivo da

Ciência é obter uma relação isomórfica entre o conhecimento humano e o mundo natural. Para os pós-positivistas o conhecimento é uma construção criativa e nenhuma medida ou observação é ausente de teoria (Glasson & Lalik 1993).

O artigo de Driver & Easley de 1978 marca, para muitos investigadores, o início do fim do domínio da APD e o início de um novo paradigma para a Educação em Ciência (Tobin 1994; Osborne 1996; Solomon 1994).

A Psicologia Cognitivista abriu a caixa negra do Behaviorismo e na defesa de uma complexidade perceptual e conceptual refuta o positivismo empirista e advoga uma perspectiva construtivista para a aprendizagem. É interessante a ligação deste aspecto com a semelhança com a visão contemporânea da construção do conhecimento científico (Posner, Strike, Hewson & Gertzog 1982; Gil Pérez 1983; Gil & Carrascosa 1990; Hashweh 1986; Matthews 1990a; Burbules & Linn 1991) e que surge como um dos suportes fundamentais dessas novas orientações.

Esta fase inicial do construtivismo é caracterizado por uma visão mais pessoalista e individual, dando origem a uma posição de Construtivismo Radical. O processo de ensino/aprendizagem é considerado como um processo centrado na construção pelo aluno do seu próprio conhecimento (Thomaz 1987). Por outro lado veio considerar-se que a actividade do aluno tem de passar por processos de consciencialização e reflexão sobre os seus processos cognitivos e os seus "modelos" mentais, num processo de adaptação cognitiva (Balacheff 1989 *in* Loureiro 1991). Aprender é encarado como uma construção activa de "modelos" mentais dinâmicos em que o aluno desenvolve "modelos" explicativos dos fenómenos e as novas experiências são interpretadas a partir deles (Driver 1988). A aprendizagem é feita a partir dos conhecimentos prévios e da interpretação de novas experiências.

O professor tem o papel motivador, orientador e facilitador da aprendizagem, ajudando o aluno a reestruturar o conhecimento, transformando o conhecimento científico em conhecimento a ensinar, tendo em conta as particularidades dos alunos,

nível de escolaridade, eventuais concepções alternativas, isto é, realizando a transposição didáctica do conhecimento a adquirir (Tiberghien 1988 *in* Loureiro 1991).

Durante a década de 80 a investigação sobre as concepções alternativas (CA) originou um certo consenso sobre propostas de como orientar o processo de ensino e aprendizagem. Apesar de *nuances* que originam diferentes modelos, há coincidências básicas (Nussbaum & Novick 1982; Posner *et al.* 1982; Osborn & Wittrock 1983; Driver & Oldham 1986; Hodson & Reid 1988a, 1988b; Giordan 1987). Em todos se entende a aprendizagem da ciência como uma mudança conceptual traduzida por três passos básicos: fase de eliciação das ideias prévias dos alunos, em particular CA, fase de reestruturação conceptual, em particular através da exploração de conflitos cognitivos e gerando descontentamento para preparar a introdução das concepções científicas; fase de aplicação das versões científicas (novos conceitos) em diferentes contextos, dando-lhes consciência da plausibilidade e produtividade das novas ideias.

Não há dúvida de que foi muito frutuosa a investigação em CA, mas podemos considerar a possível desvantagem desta exclusiva atenção. E talvez, como alguns autores já alertaram, temam um novo reducionismo instrumental produzido pela acumulação de CA e pela ausência de reflexão crítica, em particular por parte dos professores.

Dados alguns alertas isolados (Gil-Pérez & Carrascosa 1990; Hashweh 1986), os investigadores começaram a rejeitar o reducionismo das intenções da mudança conceptual (Duschl & Guitomer 1991; Shuell 1987) indicando limitações das estratégias de mudança conceptual e apontando a parcial ineficácia no ensino. A própria investigação em CA mostrou-se demasiado superficial, muitas vezes facilitada pelos instrumentos usados (Gil-Pérez 1996).

Nos anos 90 a perspectiva de crítica ao behaviorismo/empirismo cede lugar à "guerra de construtivismos" e até mesmo à emergência de posições que preferem não se

apelidar de construtivistas. Organizam-se as críticas ao Construtivismo (na perspectiva reducionista de MCA).

Matthews (1994a) num artigo intitulado "Discontent with constructivism" faz um comentário ao livro editado por Fensham, Gunstone e White em 1994 que reúne artigos da linha da frente do construtivismo, apresentados num Congresso em 1992 na Austrália e que pode bem representar, como refere o autor, o ponto da situação do construtivismo.

Considera-o reducionista, acusando-o de se tratar de uma teoria da aprendizagem dificilmente passada ao ensino. Refere Fensham (1992 *in* Matthews 1994a): "The most conspicuous psychological influence on curriculum thinking in science since 1980 has been the constructivism view of learning (...) Teaching the content of science is rightly seen as a problem for constructivism". Como White (1988 *in* Matthews 1994a) refere, "although the research on alternative conceptions has sparked interest in content, it has not yielded clear advice about how to teach different topics". Claxton (*in* Matthews 1994a), em crítica ao construtivismo, aponta que "The extend to which the recent work on children's intuitive ideas about the natural world has paid off in terms of improved classroom practice is so far disappointing".

Uma das críticas prende-se em saber como, de acordo com os princípios construtivistas, alguém ensina um corpo de conhecimento científico em larga parte abstracto, afastado da experiência, sem ligação com concepções prévias e afastado do senso comum, e em conflito com as expectativas e conceitos do dia-a-dia. Exactamente como enfrentar o problema do ensino do conteúdo da ciência é, para os construtivistas, dependente da versão de construtivismo aceite. Há um *continuum* de posições construtivistas na epistemologia, na teoria da aprendizagem, na pedagogia, e mais recentemente na teoria educacional - vinte e uma variedades identificadas (Good *et al.* 1993 *in* Matthews 1994a), do construtivismo radical (hard) ao construtivismo pragmático (soft). Neste último, construtivismo significa bom, inovador, onde é dada atenção e credibilidade às ideias das crianças, e onde os professores não se sobrepõem na

aula. "Soft constructivists have no qualms about abandoning orthodox doctrine if good teaching requires it" (Matthews 1994a).

Para os construtivistas radicais, o conhecimento é construção pessoal de um indivíduo e não existe para ser externamente transmitido. Matthews (1994a) alerta que, em consistência com tal posição, podem as aulas de ciência ser centradas nos estudantes e que os professores não precisam de saber o seu assunto. Admite-se mesmo, no limite, que "a ignorância do professor tem benefícios para os alunos: dá-lhes ousadia". Isto parece contra-intuitivo e contrário à noção de ensino profissional e competente. Mesmo no extremo (hard), afinal, todos vão admitindo formas diversas para o ensino e todos vão admitindo a transmissão de conhecimento de quem o tem para quem não o tinha (!) e admitindo, por exemplo, a simples informação de teorias subjacentes aos fenómenos.

Pergunta Claxton (*in* Matthews 1994a): "What kind of learning do we wish to produce? Are we aiming for deep understanding, fluency of symbolic manipulation, accurate recall, or everiday competence, for example?". Ele reconhece que estas questões psicológicas rapidamente conduzem a questões filosóficas acerca do "propósito para que é que a ciência deve ser ensinada?" ... E pensa Matthews que "It is not clear that constructivism, as a theory of learning, contributes much to the answering of these questions".

Numa tentativa de identificar não só as fraquezas mas igualmente os sucessos do construtivismo, Osborne (1996) revê, afinal, as duas mais elaboradas posições: o construtivismo radical e o construtivismo social, identificando a primeira como uma tentativa de cortar com a tradição filosófica de que o conhecimento tem que ser uma representação da realidade, em que a verdade é substituída pela noção de viabilidade. Nesta perspectiva o conhecimento existe só na mente do ser que conhece, onde ele é construído.

O problema epistemológico desta posição é que, deste modo, todo o conhecimento é só subjectivo, provisório e incerto. Para o Construtivismo Radical procura-se conhecimento que seja "viável" e, assim, melhores ideias são mais viáveis, assemelhando-

se a uma visão próxima do instrumentalismo! As teorias são meramente vistas como convenientes para descrever fenómenos e ligar um conjunto de eventos com outro.

Os críticos acusam ainda o Construtivismo de não dar atenção a problemas vitais. Para Matthews (1994b) uma abordagem CTS do ensino da ciência deve torná-la mais significativa, no sentido de mais ligada à experiência e à vida do dia-a-dia, e considera que as epistemologias subjectivistas e relativistas, com que identifica o construtivismo, são um perigo. Sobre os problemas quotidianos a ideia de que a verdade é um princípio inatingível, ou que é o que nós ou o nosso grupo concorda, é considerado desastroso.

Críticas semelhantes já apontava Solomon (1987) referindo que alguma literatura acerca da construção de significado pelos alunos tende a ignorar a influência social sobre ela, considerando cada criança numa "masmorra isolada de esforço mental".

Recente investigação tem mostrado que a cena social dá uma diferença essencial às situações de aprendizagem, à forma como as tarefas são percebidas e até às ferramentas usadas para ensinar, e centra o problema da investigação no como é que o pessoal interage com o social e se as ideias inteiramente pessoais existem. Se quando uma criança dá alguma explicação privada acerca de um acontecimento científico isso não é afectado pela cultura e pela linguagem. Para Solomon (1987), elementos sociais e pessoais na construção de significado, apesar de diferentes, são indissoluvelmente complementares. Esta investigadora opõe-se frontalmente à teoria da experiência pessoal e do conhecimento pessoal, embora admitindo que tal conduziu a uma nova e forte posição teórica e a um novo projecto curricular. Já muita investigação se opõe a tal posição, em particular a teoria da construção social de significado. As interacções sociais são responsáveis pelo aparecimento de novos objectos no campo da nossa própria experiência. Insiste-se na ideia de que o processo de dar significado à experiência só é possível para um grupo de indivíduos interactuando. Processos individuais também são possíveis mas as construções sociais são muito mais comuns e a contínua reafirmação de noções sociais torna-as muito duráveis e resistentes à mudança (Solomon 1987).

Solomon (1994) defende que o conhecimento pessoal é notoriamente precário e sujeito a "lavagem ao cérebro" se não for socialmente reforçado. Os psicólogos sociais, particularmente Vigotsky, mostraram que as nossas formas de comunicação são principalmente de "passar mensagens" numa operação de intersubjectividade.

Para valorizar o contributo dos factores sociais na aprendizagem, Vigotsky (1979), usando uma perspectiva de Construtivismo Social, explica a importância da inter-relação entre linguagem e acção quando os alunos aprendem em meio social. Vigotsky descreve o desenvolvimento de funções psicológicas elevadas tais como memória lógica, atenção voluntária, e a formação de conceitos como um processo de interiorização. Estas funções começam na infância direccionadas para os objectos no mundo, são transformadas por relações sociais e vão adquirindo significado interpessoal. Em relação à aprendizagem das Ciências, a teoria de Vigotsky sugere que a interacção social é essencial aos alunos para interiorizar novas compreensões ou compreensões difíceis, problemas e processos, e centra-se no uso da linguagem.

O construtivismo social e a abordagem sociocultural apresentam um atributo geral:

> The objective of both approaches is to understand the construction of knowledge in terms of social interaction. Social constructivists perspective can evaluate scientific knowledge claims in a sociocultural context. They can challenge the scientists' position of preeminence because they have just as much access to standards for evaluating the impact of the social context of scientific actions on people's cultures and social lives as do scientists themselves (Bingle e Gaskell 1994).

Reforça-se que aprender é uma actividade social, uma construção social que não pode ser reduzida a uma construção psicológica individual. Cobb (1995 *in* Atwater 1996) faz a distinção: "Psychological constructivism focuses on individual knowing, whereas sociocultural theory concentrates on "both individuals' socially situated knowing and the taken-as-shared ways of knowing constituted by these individuals". Para Day, French & Hall (1985 *in* Atwater 1996) "cognitive abilities are socially transmitted, socialy constrained, socialy nurtured, and socially encouraged".

Numa perspectiva de Construtivismo Social a aprendizagem é um processo de enculturação e a cognição é situada em contextos específicos, ou seja, não pode ser separada dos contextos de aprendizagem... Aprender Ciência é uma questão de "aprender a falar a linguagem certa". Essencialmente as teorias científicas não descrevem o mundo, mas, ao contrário, constituem-no.

Em contraste parece existir também uma tendência para um "reducionismo sociológico" que limitaria o curriculum de Ciência ao tratamento de problemas CTS e se esqueceria afinal de outros aspectos igualmente essenciais dessa interrelação.

Igualmente pela tese da predominância da construção social do conhecimento, Atwater (1996) defende o construtivismo social. Para este investigador multiculturalista, os paradigmas tradicionais da investigação em Educação em Ciência focam a aprendizagem da Ciência com pouca atenção ao contexto sociocultural ou à composição cultural dos alunos. O'Loughlin (1992) argumenta também que o construtivismo (radical) é imperfeito porque lhe falta agarrar aspectos como "cultura" e "poder" na sala de aula.

Sobre o valor do conhecimento defende Atwater (1996) que se abandone a ideia de Ciência ingénua, acrítica, neutral. Formar cidadãos mais críticos implica conhecimento e...

> Knowledge is central to power. Knowledge helps us envision the contours and limits of our existence, what is desirable and possible, and what actions might bring about the possibilities. Knowledge helps us examine relationships beteween what is ethical and what is desirable; it widens our experience; it provides analytic tools for thinking through questions, situations, and problems. Knowledge has no intrinsic power; in interaction with the knower's desires and purposes. Knowledge has meaning and power. (Sleeter & Grant 1991, *in* Atwater 1996)

Sobre a construção do conhecimento, refere o mesmo autor:

> Construction of knowledge, even science knowledge, is contingent on access, accuracy, analysis, and application of information (Gay 1995). (...) these students need knowlwdge and skills to empower themselves to change social structures and ideas that oppress them. (Atwater 1996)

Revaloriza-se talvez, também, um modelo Construtivista Humanístico baseado na epistemologia construtivista e no conceito de ambiente sócio-psicológico (Cheung & Taylor 1991) usado para construir uma ferramenta heurística para o *design* de tarefas de aprendizagem, uma filosofia construtivista explicitando ligações entre o individual e o envolvente, dado que o conhecimento científico é simultaneamente pessoal e socialmente construído e a característica chave do construtivismo passa a ser a de cruzar a diversidade pessoal com o domínio social (Cheung & Taylor 1991) mostrando a influência do contexto na aprendizagem (Linder 1993).

Os construtivistas (actuais/críticos?) concentram ainda a sua atenção no aluno mantendo que este tem responsabilidade na sua própria aprendizagem... mas tal envolve construção social e cultural de significado. Considerando, afinal, que "an improved science education will only come through the critical review of arguments and research evidence, by the adoption of a pedagogy which places a value on variety and diversity, and not through adherence to a singular school of thought" (Osborne 1996).

1.2.2. A Nova Filosofia da Ciência como Fundamentação de Perspectivas Inovadoras de Ensino e de (re)orientações para a Didáctica

Sustentando que a finalidade do ensino das Ciências, em particular ao nível do ensino básico, é de proporcionar formação científica ao cidadão comum, a chamada "Ciência para todos", tornando-a acessível e relevante (Kelly, Carlsen & Cunningham 1993) e não apenas a de preparar futuros investigadores (embora a escola deva também facultar um certo grau de confiança nos alunos de maneira a prepará-los para os níveis de educação seguintes (Fensham 1988)), as orientações do ensino seguem novas perspectivas.

Dos recentes avanços há a considerar a célebre tríade de Hodson (1992a) das dimensões na Educação em Ciência: aprender ciência (adquirir conhecimento conceptual e teórico), aprender sobre ciência (desenvolver compreensão da sua natureza e métodos e as complexas interacções entre Ciência, Sociedade e Tecnologia) e fazer ciência (envolver-se e desenvolver habilidades na investigação e resolução de problemas). Com semelhante entendimento, Millar (1996) argumenta que a finalidade da Educação em Ciência é aprender alguma coisa acerca do corpo de conhecimentos da Ciência, alguma coisa sobre os processos pelos quais o conhecimento científico é gerado, e alguma coisa acerca da maneira pela qual o conhecimento científico é socialmente construído.

No mesmo sentido amplo, Driver (1993 *in* Gil Pérez 1996) escrevia: "learning science involves young people entering into a different way of thinking about and explaining the natural world; becoming socialized to a greater or lesser extent into the practices of the scientific community". Este aspecto já era uma intuição da APD, contudo hoje tal ideia tem orientação diferente e é apresentada por Gil Pérez como a metáfora do "cientista noviço" (Gil Pérez 1993; Gil Pérez & Carrascosa 1994). Está associada com três elementos básicos na aprendizagem da Ciência: situações problemáticas abertas, trabalho científico em grupos cooperativos e interacções entre grupos, a 'comunidade científica' representada pelos outros alunos, professor ou livros (Gil Perez & Martinez-Torregrosa 1987; Wheatley 1991).

Entre muitos investigadores, Gil Pérez (1992) alerta que o desenvolvimento de estratégias de ensino orientadas para produzir mudanças conceptuais, com resultados prometedores, se revelou, afinal, insuficiente. As novas e sérias dificuldades detectadas são devidas, no entender do autor e com quem concordamos, a uma insuficiente consideração da natureza da ciência nas estratégias de ensino, pelo que é imperioso uma maior atenção aos possíveis contributos da Filosofia da Ciência para o ensino das ciências.

A necessidade de uma relação estreita entre filosofia da ciência e ensino da ciência é defendida por um rol de autores, que desde muito cedo se aperceberam da importância

de configurar o ensino das ciências através de estratégias e situações consistentes com orientações da Filosofia da Ciência (Forge 1979; Abimbola 1983; Hodson 1986; Matthews 1989; Brickhouse 1989; Cleminson 1990; Pomeroy 1993; Luffiego *et al.* 1994; Níaz 1994; Monk & Osborne 1997; entre outros).

No sentido de compreender aspectos, que se podem considerar como áreas-problema na Educação em Ciência, como a estrutura da ciência, a natureza do método científico e o papel desempenhado pelos julgamentos valorativos dos cientistas, por exemplo, a componente da Filosofia da Ciência pode representar um enriquecimento para o ensino da ciência. Como refere Hodson (1986) "implicit messages are evident in the choice of content and learning methods, particularly in the relative emphases afforded to "knowledge" or "process" and in the role of laboratory work". E como ele acrescenta: "the nature of that laboratory work may well be a crucial factor determining childrens' understanding of what scientists do and their attitudes towards science and scientists". Aliás, o mesmo investigador considera que um dos aspectos da falha do ensino da ciência em relação a objectivos relacionados com a compreensão da natureza da ciência é devida em parte a um certo grau de confusão na perspectiva filosófica dos currículos e em parte à falta de uma adequada compreensão de aspectos básicos da filosofia da ciência e da importância que ela assume na concepção de estratégias e nas situações de ensino por parte dos professores.

Passar mensagens acerca da natureza da ciência e da actividade científica é um factor que influencia uma atitude em relação à ciência e que pode até influenciar a opção por cursos de ciência (Hodson 1986). Se queremos que os alunos adquiram uma compreensão adequada e uma apreciação sobre tais assuntos é necessário que considerações filosóficas tenham mais predominância e proeminência nas suas situações de aprendizagem da ciência. Investigadores, como os atrás referidos, analisam as tendências inovadoras no ensino das ciências, no sentido de alterar as visões deformadas e empobrecidas sobre o trabalho científico e que Yager & Penick (1986) consideram

responsáveis em grande medida por atitudes negativas para com a ciência e a sua aprendizagem.

Forge (1979) já referia a necessidade de os professores de ciência terem uma compreensão de aspectos da Filosofia da Ciência e da sua relevância para a educação em ciência. Como reforça Hodson (1986) "There is an urgent need for a reconsideration of the epistemological basis of the science curriculum in the light of contemporary views in the philosophy and sociology of science, and an urgent need for much greater consideration of philosophical issues in teacher education programmes".

As perspectivas contemporâneas da Filosofia da Ciência, encarando uma perspectiva mais externalista da construção da ciência, podem organizar-se de modo a constituir um certo número de pontos relevantes para o currículo de ciência. Mais baseadas nas perspectivas kuhnianas e pós-kuhnianas, apelidadas de forma global, por Nova Filosofia da Ciência (perspectivas a serem desenvolvidas no Capítulo 2), resumem alguns aspectos consensuais que contribuem para a imagem de ciência actualmente considerada desejável para o entendimento da ciência e que pode, em diferentes mas convergentes aspectos do ensino, passar para os alunos. Argumentando igualmente a favor de uma forte base epistemológica para o currículo de ciências, Abimbola (1983) defende que a Nova Filosofia da Ciência (NFC) confere "the necessary guidance to upgrade science education research and practice". A imagem da ciência organizada pela NFC segue princípios consensuais que resumimos (Paixão & Cachapuz 1998): 1) As observações não dão acesso imediato e directo a conhecimento factual seguro mas são dependentes da teoria e devem ser interpretadas à luz dos pressupostos das teorias aceites; 2) Os conceitos e as teorias são produzidas por actos criativos de abstracção e invenção e não provêm directamente da observação por processo de generalização indutiva; 3) O conhecimento científico não pode ser confundido com verdade absoluta, ou seja tem um estatuto temporário e os erros devem ser objecto de reflexão; 4) As descobertas têm contexto e estrutura que a História da Ciência ajuda a compreender; 5)

Não existe um método único de produção de conhecimento científico; 6) A ciência não é neutra, impessoal e aproblemática mas nutre uma inter-relação estreita com a tecnologia e com dimensões sociológicas.

Tais princípios apontados implicam uma tradução didáctica e algumas propostas de ensino particularmente preparadas e explicitamente fundamentadas podem contribuir para uma melhoria considerável da compreensão da ciência na sala de aula.

Um dos aspectos valorizados nas novas perspectivas da Didáctica fundamentada na NFC é o uso da História da Ciência (HC) como forma de apresentar uma actividade humana (Nielsen & Thomsen 1990) com forte sentido cultural, social e ético. Tal abordagem permite uma compreensão mais global da natureza da ciência, do conhecimento científico e do próprio trabalho dos cientistas que se desenvolve em comunidades de rostos humanos. Trata-se de um contributo para produzir cidadãos autónomos numa sociedade pluralista, pelo combate à aparente neutralidade da ciência ou ao exagerado culto do cientismo (Sprod 1993).

São muitos os argumentos em defesa da inclusão da HC nos currículos e do seu uso em estratégias de ensino (Dana 1990; Matthews 1990b; Bybee *et al.* 1991; Sprod 1993...), embora tímido o número de trabalhos publicados com contributos para essa perspectiva. É possível, contudo, avançar alguns, em concreto, em áreas diferenciadas das ciências (Berg 1990; Matthews 1990b; Praia 1995; Marques 1995; entre outros).

Surgiram novas orientações para o Trabalho Experimental (TE) (Gil Perez *et al.* 1991; Hodson 1992a; 1992b) e para a resolução de problemas (Gil Perez *et al.* 1990). Estas actividades são agora vistas como instrumentos de mudança epistemológica e metodológica que tem de acompanhar a mudança conceptual. Tal requer uma profunda alteração nas actividades para situações problemáticas abertas capazes de favorecer a investigação dos alunos (Gil Pérez *et al.* 1991; Wheatley 1991) e uma necessária

evolução da avaliação (Gil Perez *et al.* 1991; Hodson 1992b). Tem igualmente implicações com o ambiente de escola e de sala de aula e com outros aspectos.

Outra consideração são as inter-relações CTS (Solomon 1987; 1990) em que a construção do conhecimento foi associado com o tratamento de situações problemáticas relevantes e interessantes para os alunos, que os tornem cidadãos atentos capazes de assumir responsabilidades sociais e tomar decisões (Aikenhead 1985).

A investigação deu igualmente atenção às concepções dos professores acerca da natureza da ciência e acerca do seu ensino e aprendizagem (Hewson & Hewson 1988; Praia 1995). Atenção particular foi dada aos reducionismos e distorções da natureza da ciência transmitida pelo seu ensino. Como Bell & Pearson (1992) sublinham, não é possível mudar o que os professores e os alunos fazem na sala de aula sem transformar a sua epistemologia, as suas concepções acerca do modo como o conhecimento é construído e as suas imagens acerca da natureza da ciência. E não é só uma questão do indutivismo (Gil Pérez 1993; Hodson 1993; Praia 1995) mas também de outras distorções em que a Ciência é apresentada como alguma coisa elaborada numa torre de marfim, esquecendo as complexas inter-relações CTS e a importância de decisões colectivas.

Todos estes aspectos têm em comum que o conhecimento e compreensão da natureza da ciência e do conhecimento científico, questões centrais do âmbito da Epistemologia/Filosofia da Ciência, são essenciais na Educação em Ciência (Osborne 1996) e que uma maior relevância deve ser dada a objectivos de ensino que os permitam compreender, bem como à História da Ciência e às relações com o desenvolvimento social e tecnológico, num entendimento da cultura científica básica ou ensino para os valores da cidadania. Mas, "The effectiveness of this orientation demands breaking many reducionisms and distortions of the nature of science transmitted by science teaching as a

consequence of teachers' spontaneous epistemology". Considera-se assim, concordando com Mellado Jiménez & Carracedo Gallardo (1994), que "la Filosofía de la ciencia constituye un buen elemento de análisis y fundamentación de las disciplinas científicas (e que) la filosofía de la ciencia ayuda a los profesores a explicitar sus puntos de vista sobre la construcción del conocimiento científico", implicando uma forte necessidade de epistemologias consistentes para os professores, de que a **Nova Filosofia da Ciência** (NFC) fornece já um quadro abrangente, mas consistente, com algumas orientações consensuais.

Em síntese, permanece a preocupação de como melhorar o ensino das Ciências. Sobrepõe-se a consideração de que os professores precisam de compreender profundamente o seu assunto científico e de reconhecer o valor da Filosofia e da Sociologia da Ciência, e em particular a importância da História da Ciência (HC) e orientações consistentes para o desenvolvimento de Trabalho Experimental (TE) na sala de aula (Kelly *et al.* 1993).

Importa assim identificar quais são as imagens de Ciência veiculadas nas aulas de Ciências e sustentadas em geral pelos professores e passadas para os alunos. Impõe-se em seguida uma reflexão mais atenta sobre essas novas considerações e orientações para aspectos do ensino em consonância com as perspectivas da NFC: HC, TE, abordagem CTS... para, em conjunto, se organizarem como uma orientação consistente para o ensino das Ciências ao nível da escolaridade básica e a implicar uma formação de professores atenta e adequada.

1.2.2.1. Valorização da História da Ciência

Aprender sobre ciência, a sua história, filosofia ou contexto social eram aspectos de menor consideração nos currículos dos anos 50/60. Os alunos ouviam do professor as grandes teorias da ciência - Lei de Lavoisier, Teoria Cinética dos gases... Na revolução curricular de 60/70 a ciência fora pensada à luz dos alunos orientados na perspectiva dos "pequenos cientistas", fazendo experiências para "verificar" essas grandes teorias. Pequenos fragmentos de história podiam ocasionalmente ser apresentados para dar mais brilho aos cientistas e às suas teorias. Este brilho histórico, contudo, não mostrava aos alunos nada acerca de como a ciência se desenvolve, nem nada acerca da natureza da ciência e do conhecimento científico. Era natural passar a imagem de que os primeiros cientistas eram ignorantes e que alguns estavam enganados. Alguns génios guiaram a ciência pelo caminho do progresso (Solomon 1991).

A defesa da incorporação da História e Filosofia da Ciência no currículo tem as suas raízes no aparecimento do conceito internacional ligado à noção de "literacia científica" (Monk & Osborne 1997). O argumento principal veio mais fortemente da "Science for all Americans":

> without a study of the history and nature of science, the nature of the scientific enterprise would be reduced to mere slogans, leaving individuals ignorant of some of the major achievements of our cultural heritage. Essencially this is the argument that the study of the history of science has intrinsic value in its own right as scientific knowledge is one of the great achievements of humanity - a third culture of equal value to that literacy and numeracy (Brockman 1995 in Monk & Osborne 1997) .

Alguns autores como Millar (1996), Osborne (1996), Sprod (1993), Solomon (1991), etc., defendem ainda uma educação em ciência descrita em termos de "ciência como cultura", "ciência dos cidadãos" ou de "consciência científica" que incorpore a noção de estudos culturais de ciência, tecnologia e sociedade. Um tal currículo deve considerar aspectos como:

- O que é uma teoria científica? O que é o conhecimento científico? Qual é o papel da experiência? Como é que os cientistas conhecem? Como é que os cientistas "descobriram" novo conhecimento no passado? Como é que o conhecimento científico progride? Qual o impacto da Ciência na Tecnologia e na Sociedade? (Monk & Osborne 1997).

A consideração dos objectivos da Educação em Ciência e as tentativas de os alcançar fizeram chegar à conclusão de que algumas inovações, tanto no conteúdo como nas metodologias do ensino da ciência, eram necessárias (Sprod 1993; Gagliardi & Giordan 1986). Só o desenvolvimento de uma compreensão dos conceitos da ciência e a natureza e métodos da ciência, são internos a uma educação *em* ciência. "The rest lie beyond the boundary of "what we now know", which is the limit that curtails science teachers' incorporation of history into schemes of work - that is, the necessity to teach specific content for the requirements of formal examinations" (Monk & Osborne 1997).

Para a renovação nas orientações curriculares é crescente a convicção de que a História e Filosofia da Ciência têm um papel importante a desempenhar. Refere Matthews (1987) que não há nenhum assunto que não se torne mais interessante e envolvente pela introdução de considerações filosóficas.

Tanto os cientistas como os não cientistas devem estar aptos a olhar para a ciência como uma actividade em geral, bem como uma disciplina com conteúdo particular, de forma a desenvolverem uma visão coerente do mundo e serem cientificamente letrados (Sprod 1993). Aliás, para Millar (1983 *in* Solomon 1991) a **literacia científica** é a capacidade para ler ciência e expressar uma opinião acerca disso.

A ciência, como qualquer actividade humana, tem a sua história. E a questão principal torna-se: Porque devem a história e a filosofia ser uma parte da Educação em Ciência?

Nas tentativas de resposta por parte de alguns autores não surge apenas a função de ilustração ou de motivação mas são já outros os motivos. Solomon *et al.* (1992) aponta alguns dos benefícios:

a) Melhor aprendizagem dos conceitos científicos; b) Aumento do interesse e da motivação no assunto; c) Uma introdução à Filosofia da Ciência; d) Desenvolvimento de uma melhor atitude pública face à ciência; e) Compreensão da relevância social da ciência.

E Matthews (1992) dá igualmente algumas justificações: a) Motiva e encoraja os alunos; b) Humaniza o assunto; c) Promove melhor compreensão dos conceitos científicos dando conta do seu desenvolvimento e refinamento; d) Tem valor intrínseco compreender certos episódios fulcrais da história da ciência; e) Demonstra que a ciência é mutável e alterável; f) Combate a ideologia do cientismo; g) Conduz a melhor compreensão do método científico... A estas Sprod (1993) junta "A strengthening of moral judgement in scientific matters". Não só o conteúdo da História da Ciência deve ser ensinado mas o método de ensino é também de grande importância. Discussão e exploração de ideias torna-se, igualmente, central em tal construção de conhecimento (Sprod 1993).

A situação na qual os indivíduos nem percebem nem compreendem as conexões entre ciência e sociedade é parcialmente devida ao facto de que não se ensina acerca dessas conexões. Presentear os alunos com as influências históricas da ciência na sociedade e da sociedade na ciência pode ajudar a alcançar o objectivo da cidadania (Bybee *et al.* 1991).

Muitos educadores de ciência concordam, assim, que pessoas tecnológica e cientificamente letradas devem compreender alguma coisa de história e natureza da ciência e tecnologia. Tal conhecimento é crítico não só para a literacia científica e tecnológica mas para uma literacia cultural. De acordo com a "Science for all Americans", há duas principais razões para incluir alguma história: é que as generalizações acerca de como opera a empresa da ciência fica vazia sem exemplos

concretos e alguns episódios da história do empreendimento científico têm um significado acrescido para a nossa herança cultural (Bybee *et al.* 1991). Os educadores de Estudos Sociais vêem ainda o ensino acerca da história e natureza da ciência e tecnologia através de outras lentes - a necessidade de os estudantes se tornarem competentes decisores em áreas pessoais e cívicas: "Today's citizens are not only affected by science-based developments, they are increasingly called upon, through their particiaption in the democratic political process, to affect public policy concerning the development and application of science and technology" (Bybee *et al.* 1991).

Pensamos que é importante as pessoas compreenderem a ciência como um elemento chave na história intelectual das realizações da mente humana. Além disso, estudar a história da ciência e da tecnologia ajuda os cidadãos a reconhecerem factores que influenciam a inovação e a actuarem quando confrontados com ela (Burke 1978 *in* Bybee *et al.* 1991). Do mesmo modo algum conhecimento da história da tecnologia é necessária para rejeitar as ciladas dos políticos configuradas com utopismo tecnológico - a esperança de um melhor amanhã através de soluções puramente tecnológicas. É que:

> Clearly we are living in a scientific and technological age. Well, then, how did it get to be that way? If we coul learn how it got to be that way, we might possibly be able to deal effectively with problems caused by the advance of science and technology and, conversely, to deal with problems that science and technology might help resolve (Bybee *et al.* 1991).

Num artigo de Matthews (1994b), este autor refere-se à crise contemporânea do ensino das ciências e ao alarmante analfabetismo científico, a que já se referia em 1988. Para este autor, a história, filosofia e sociologia da ciência não têm todas as soluções para a crise mas têm algumas respostas: Podem humanizar as ciências e aproximá-las mais dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos; podem tornar a aula mais estimulante e reflexiva, aumentando as capacidades de pensamento crítico; podem contribuir para uma maior compreensão dos conteúdos científicos e podem contribuir

para superar o "mar de sinsentidos" das aulas de ciências em que se recitam fórmulas e equações, mas onde poucos conhecem o seu significado.

Como escreve ainda Matthews (1994c): "La historia y la Filosofia pueden hacer las idealizaciones de la ciencia más humanas, comprensibles, y explicarlas como útiles con derecho propio para ser apreciadas". E este aspecto é importante igualmente por permitir fazer a distinção entre objectos reais do mundo e objectos teóricos da ciência (sobre o mundo).

Como refere Jenkins (1996), no final do século XX a ciência ensinada na escola continua a transmitir a noção de uma metodologia da ciência uniforme e homogénea que é fundamentalmente empirista - o que é uma concepção do século XIX!... A abordagem do processo dá a enorme impressão de que a investigação científica é um processo empírico no qual a aplicação de "regras de conhecimento estandardizadas" conduz inexoravelmente para a derivação de um certo conhecimento: as "leis da Ciência". Esquece-se o ponto crucial de que aquilo que os indivíduos aprendem de uma situação depende não só do que podem abstrair do contexto mas das construções mentais que estas lhes trazem. Abranger a importância e significado das ideias científicas é essencial para a inserção no contexto social, nas formas dominantes de pensamento... O estudo das ideias científicas no seu contexto de descoberta original ajudará a desenvolver compreensão conceptual nos alunos. Como apontam Monk & Osborne (1997):

> Thus, it is our contention that neither the study of process, as currently embodied in the school science curriculum, nor the study of the products of science can, in our view, provide either an adequate account of science or an adequate education in science without the incorporation of some history and philosophy os science.

Os cursos que enfatizam os produtos da ciência colocam uma ênfase injustificada no "survey of facts" e efectivamente introduzem os alunos no campo científico sem explorar nenhum dos aspectos que contribuem para que "seja como é" e "como é que se

lá chegou". Fazendo isso, tais cursos falham nos aspectos significantes deste produto cultural que chamamos ciência - o significado da criatividade e imaginação, o facto de o pensamento científico ser histórica e socialmente situado e a necessidade de coragem em face de oposição substancial. "The consequence of this omission in school science is that much science is presented as a set of concepts "as though they were inevitable, rocklike formations that have existed fot all time"" (Arons 1988 *in* Monk & Osborne 1997). A ciência da escola esquece a oportunidade de pôr as questões de Chalmers (1987): O que é isto a que chamamos Ciência e porque é que ela é tão importante?

Percebemos assim que tem pouco interesse a apresentação e interpretação da evidência como conceitos bem estabelecidos e ahistóricos. O conhecimento científico, também, é um produto cultural, contingente e a compreensão da sua natureza e do significado das suas realizações não são possíveis sem algum conhecimento do seu contexto histórico.

Para Monk & Osborne (1997):

> Science can be characterised as a technical matter, values-neutral, divorced from consideration of the morality or otherwise of its applications. This view is out of step with modern scholarship; indeed, even pure science, especially in the context of what is studied, is now seen to be value-laden. Nevertheless this view, which is simultaneously deeply anti-humanist and irreligious, is widely held; the teaching of science as a received body of knowledge must reinforce it. If we are clinical observers of the universe, we can cut ourselves off from our ethical selves and pretend that we are merely describing what is "out there".

E à questão: Que história é necessária?, respondem aqueles investigadores: "It is not a sanitised history of fully developed ideas that is needed, but a history of the creation of those ideas, the people who created them and their impacts on society".

Os aspectos considerados apontam para a inadequação da mera autoridade como base para o conhecimento e requer professores que incorporem a dimensão histórica e

epistemológica no seu **ensino** da ciência. É nossa convicção que o conhecimento dos alunos pode ser mais seguramente construído se o processo da construção do conhecimento científico for, ele próprio, uma parte explícita do currículo de ciência.

Como já referira Brush (1969 *in* Monk & Osborne 1997): "history, when introduced intelligently into a science course, can increase understanding of science and scientists, and their role in society without detracting from the amount of scientific knowledge transmitted to the students".

O tratamento histórico do conhecimento científico pode ter um papel no esquema de trabalho do **professor**, providenciando um reportório valioso de interpretações alternativas da evidência e orientando os alunos para a consideração crítica do estatuto e das pretensões do pensamento científico.

Em muitas aulas, muitas experiências são simples confirmações de "siga-a-receita" do que já é conhecido... Estudar a história de como essas teorias se desenvolveram pode dar um antídoto, particularmente se for pedido ao aluno para reconstruir o seu pensamento e realizar experiências para testar as suas próprias previsões (Solomon 1988). Para Solomon *et al.* (1992), estudar a história da alteração de uma teoria torna igualmente o próprio processo de mudança conceptual um pouco mais fácil.

Se os próprios documentos normativos, destacados teóricos do ensino, currículos e livros de texto aceitam e, sem crítica nenhuma, promulgam certas posições filosóficas, não é surpreendente que os professores de ciências façam o mesmo na aula. Análise de manuais escolares revela modesta atenção à história da ciência e tecnologia. Eventualmente leituras isoladas e opcionais no final das unidades (Bybee *et al.* 1991). A teoria de um professor sobre a natureza da ciência - a sua epistemologia - pode ser passada explícita ou implicitamente. Alguns estudos se têm desenvolvido sobre como é que essa epistemologia afecta a prática e como contribui para a imagem que os alunos formam sobre a ciência.

Alguns investigadores, em particular, documentaram a compreensão inadequada da ciência e tecnologia tanto pelos professores como pelos alunos.

Hodson (1993) encontrou por ordem decrescente de importância das prioridades dos professores sobre o próprio processo de ensino: princípios de execução e organizacionais; considerações acerca do desenvolvimento e aquisição de conceitos; e finalmente considerações acerca da natureza da ciência e da actividade científica. E Hodson refere que, mesmo quando os professores têm ideias coerentes e claras acerca da natureza da ciência e da investigação científica, tais professores não planificam as suas aulas consistente e cuidadosamente em relação a essas ideias. Lederman (1992) também conclui que "as imagens dos professores acerca da natureza da ciência não influenciam necessariamente a prática de ensino".

Quanto às práticas de ensino, a investigação revela pouca ênfase à história e natureza da ciência e tecnologia. Guthrie & Leventhal (sd) revelam que os professores dão principal atenção aos factos, métodos, e atitudes. Componentes de literacia científica, tais como história e filosofia, não são integrados nas práticas.

A educação acerca da natureza dos métodos científicos geralmente toma a forma de memorização de uma série de passos do método e envolvem os estudantes em actividades de laboratório que imitam tais passos. Estas abordagens são inadequadas principalmente porque trivializam as dimensões humanas da investigação científica e confundem aprendizagem com procedimento de investigação científica. Muitos problemas na actual prática de ensino estão relacionados com a falta de conhecimento dos professores acerca da história e epistemologia da ciência e tecnologia.

Um professor de ciências instruído em história e filosofia da ciência pode ajudar os alunos a entender como é que a ciência capta, e não capta, o mundo real, subjectivo, vivo (Matthews 1994c). No mesmo artigo de Matthews faz-se a comparação entre o saber de um professor de literatura e de um professor de ciências: se é estranho que o primeiro não tenha conhecimentos de crítica literária, do tradicional debate sobre o que

identifica boa literatura, como a literatura se relaciona com os interesses sociais, a história das formas literárias, etc... é igualmente estranho pensar num bom professor de ciências que não tenha um conhecimento razoavelmente elaborado dos termos da sua própria disciplina - causa, lei, modelo, teoria, facto - ou um conhecimento dos objectivos da sua disciplina - descrever, controlar, compreender - ou ainda um conhecimento da dimensão cultural e histórica. A História e a Filosofia da Ciência contribuem para essa compreensão desejada da ciência.

Referindo Shulman (1986 *in* Matthews 1994c):

> Pensar con propiedad sobre el conocimiento del contenido requiere ir más allá de los hechos o conceptos de un campo. Requiere comprender la estructura de la asignatura (...) Los profesores no sólo deben ser capaces de definir a los estudiantes las verdades aceptadas en un campo. Deben también ser capaces de explicar por qué una cierta proposición se estima justificada, por qué vale la pena conocerla y cómo se relaciona con otras proposiciones, tanto dentro de la disciplina como fuera de ella, tanto en la teoría como en la práctica.

Considerando que a compreensão da história e natureza da ciência e tecnologia é vista como contribuindo para a literacia científica e tecnológica, para a literacia cultural e para a capacidade de decisões fundamentadas, podemos pensar que os currículos de ciência e de estudos sociais devem ter numerosas descrições do desenvolvimento das maiores ideias da ciência e clarificar exemplos das contribuições da ciência e da tecnologia para a sociedade. Investigações sobre o currículo mostram que poucos materiais e pouco tempo é devotado a ajudar os estudantes a desenvolver uma compreensão ou uma apreciação da história e natureza da ciência e tecnologia (Harms & Yager 1981 *in* Bybee *et al.* 1991).

Mas apenas colocar história da ciência num curso não é suficiente. A história da ciência pode ser escrita de muitas maneiras. Bons materiais precisam de ser escolhidos ou escritos e boa prática requer tempo e oportunidade para os alunos elaborarem e clarificarem as suas estruturas conceptuais anteriores antes de qualquer instrução.

Como refere Schulman (1986 *in* Bybee *et al.* 1991): "Teachers must not only be capable of defining for students the accepted truths in a domain. They must be able to explain why a particular proposition is deemed warranted, why it is worth knowing, and how it relates to other propositions, both within the discipline and without, both in theory and in practice".

O posicionamento de Shulman indica que os professores de ciências devem ser capazes de apresentar as principais ideias da sua disciplina, o contexto histórico no qual estas ideias se originaram, e o processo pelo qual se desenvolveram. Por exemplo, recente análise histórica e filosófica do progresso científico indica que o conhecimento científico é construído por comunidades científicas. A noção transgressora de que a ciência é uma acumulação uniforme/regular do "melhor" conhecimento, sofreu do que Gould (1987) chamou os "erros do progresso". O conhecimento científico, numa visão revolucionária, muda quando os paradigmas dominantes são substituídos por paradigmas subordinados. Estas substituições ocorrem quando novas abordagens dos problemas produzem resultados que os paradigmas dominantes já não explicam (Kuhn 1962, 1970a; Lakatos 1970; Feyerabend 1979), etc..

Na história da Educação em Ciência tem havido poucos esforços para desenvolver materiais que directamente ensinem a história e a natureza da ciência e tecnologia. Conant (*in* Bybee *et al.* 1991) argumenta que os indivíduos podem compreender os métodos da ciência examinando como é que esta progride historicamente... Apesar de existirem significativas tentativas de introduzir história nos programas de ciência, encontram-se poucas ou nenhumas evidências nos currículos habituais.

Os educadores concordam que compreender aspectos de história e natureza da ciência e tecnologia é fundamental para o desenvolvimento de cidadãos cientificamente letrados mas poucos, se alguns, materiais instrucionais estão disponíveis para o uso dos professores nesta área. Mas principalmente muitos currículos não requerem ensino da história e natureza da ciência e tecnologia, e os professores não estão bem preparados

nesta área. Trabalho no laboratório ou trabalho prático representa a natureza da ciência e uns retratos ou pequenos apontamento de cientistas representam a história da ciência.

Na literatura dos anos 90 ainda é apontado que é necessário identificar temas centrais relacionados com a história e a natureza da ciência e tecnologia, delinear o alcance, extensão e sequência para desenvolver a compreensão dos alunos em relação a esses temas, e proporcionar recomendações para os introduzir nos Programas e os implementar nas práticas. Mas, principalmente reforça-se a necessidade de dar atenção à formação de professores no sentido de lhes dar uma formação para ensinar acerca da história e epistemologia da ciência e tecnologia.

Surgem já algumas referências relatando situações de ensino com recurso à HC para assuntos diversos, particularmente na Física e na Biologia e Ciências da Terra (Pessoa de Carvalho & Castro 1992; Matthews 1990b; Solomon *et al.* 1992; Praia 1995...). Alguns dos trabalhos referidos apontam a necessidade de um modelo. Solomon (1991) apresenta um esquema de "progressão por níveis de escolaridade" para a reflexão sobre o trabalho experimental e reflexão sobre a ciência no passado e no presente, que, apresentados em separado no "esquema de níveis", concorrem para a compreensão da "natureza da ciência" e a "filosofia e história das ideias". Monk & Osborne (1997) apresentam já um modelo para o ensino pela HC e esclarecem o seu interesse em desenvolver propostas de ensino de acordo com o modelo apresentado. Tal modelo desenvolve-se em Fases: 1. Apresentação de fenómeno ou questão; 2. Eliciação de previsões; 3. Estudo histórico; 4. Planeamento de testes (experimentais por exemplo); 5. Introdução da ideia científica e testes empíricos; 6. Revisão e avaliação. No modelo, a revisão final é uma oportunidade para os alunos reflectirem nos produtos da resolução do conflito, que se tornaram os próprios produtos do contexto da descoberta, e compará-los com o seu pensamento anterior... Afinal os conceitos da ciência do currículo.

Estes autores (Monk & Osborne 1997) estão a iniciar trabalho com professores em formação, na elaboração de materiais para o ensino secundário. Trata-se de um trabalho exploratório com vista a avançar depois para refinações do modelo e produção de materiais.

Em síntese: A História e a Epistemologia da Ciência têm um lugar nos programas escolares. A História e Filosofia da Ciência precisa de uma melhoria na formação de professores, contribuindo para o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, isto é, para um melhor conhecimento da estrutura da ciência e do seu lugar como marco intelectual. Porque "Science is a part of the great conversation, held throughout recorded history, that we call civilisation. To ensure that today' s children can participate meaningfully in that conversation, we need to ensure that they are introduced to it throughout their education" (Solomon *et al.* 1992).

1.2.2.2. Revalorização do Trabalho Experimental na Perspectiva de Trabalho Científico

Mais, ou menos, e de uma ou de outra forma, nunca se desligou o Trabalho Experimental do ensino das Ciências.

O trabalho prático no ensino da ciência tem uma longa história. Já em 1882 declarações oficiais iam no sentido de que a instrução dos alunos em ciências devia ser principalmente experimental, tendo em mente a demonstração pelos professores. Os trabalhos práticos tinham uma função de suporte e confirmação da teoria que era ensinada em primeiro lugar. As demonstrações ilustrativas tinham um papel privilegiado. Subjacente a uma tal prática está uma concepção de ciência como corpo de conhecimentos bem estabelecidos. Pensamos que tal ideia vem de uma grande crença na ciência herdada do próprio ambiente científico do século dezanove. Jenkins (1989 *in*

Guimas de Almeida 1995) coloca a hipótese de o predomínio das demonstrações neste período se dever à influência das conferências dadas por Davy e Faraday no início do século, na *Royal Institution* em Londres. Já Lavoisier assistia a lições de Química ilustradas, proferidas por Rouelle no *Jardin des Plantes* em Paris, no século XVIII. Contudo, as imagens de ciência e de ensino da ciência eram completamente diferentes.

Em 1898 Armstrong defendera a realização de experiências directas pelos alunos no pressuposto da existência de um método de investigação experimental repetitivo e de que era necessário "fazer ciência para compreender a ciência". Quando em 1908 o método de Armstrong estava fortemente implementado, os seus pressupostos começaram a ser questionados, nomeadamente devido às recentes aportações da Física relativista e quântica que perturbaram a ideia de ciência cumulativista e a eficácia de um método científico único (Hodson 1993; Jenkins 1989). Em 1917 a *British Association* questiona mesmo tal utilização: "o método científico é uma abstracção que não existe à parte dos seus contextos concretos" (BAAS 1918 *in* Guimas de Almeida 1995, 109). O trabalho de laboratório individual é considerado uma perda de tempo e retorna-se à preponderância da ilustração da teoria pela demonstração do professor.

Uma **segunda etapa** do Trabalho Experimental no Ensino das Ciências emerge com o movimento de reforma de 60/70 em que a necessidade de formar cientistas domina a intenção do ensino das ciências, em particular nos USA. Aspectos dominantes acerca da aprendizagem contribuíram para tais considerações e retorna-se a uma filosofia positivista da ciência. É um entendimento do ensino das ciências centrado no processo que se estende pelo Mundo. É a valorização do treino da utilização do método científico directamente pelo aluno com referências a "Aprendizagem Por Descoberta".

Tal visão tradicional do método científico assenta na ideia de que a ciência começa com observação simples e despreconceituada. Esta observação conduz a uma base segura para induções generalizáveis. Os currículos adoptaram uma tal perspectiva do método científico (da observação à generalização e à previsão) e o papel e estatuto da

observação como fornecendo uma base segura para o conhecimento e como passo inicial de tal método (Giordan 1978; Hodson 1986).

A ciência era vista como tendo as seguintes características: 1) Dá acesso a verdades factuais acerca do mundo; 2) O seu conhecimento é derivado directamente da observação de fenómenos; 3) Testa racionalmente as suas proposições por meio de procedimentos experimentais objectivos e fiáveis; 4) É uma actividade neutra sem dependência de factores sócio-históricos e económicos e produz conhecimento sem ideologia (Hodson 1986).

Quer a abordagem centrada nos conteúdos quer a centrada nos processos da ciência supõem o conhecimento científico como acabado, certo, infalível e objectivo, que traduz a realidade tal como ela é, inquestionável, não-negociável, conhecimento passível de ser apreendido por acumulação e absorção de parcelas de verdade ou por tratamento de dados sobre a realidade. Nesta lógica, o "saber ciência" poderá ser interpretado como o ser capaz de reproduzir as informações recebidas e aplicar as fórmulas e regras definidas. O ensino consiste na transmissão de conceitos, leis, teorias e factos ou na sua pretensa descoberta por observação sistemática de factos da realidade, aparecendo o TE como uma fonte de dados certos e seguros que permitem a ilustração e verificação desses produtos da ciência ou a sua descoberta! Assim o TE é principalmente concebido como uma estratégia estruturada e organizada de modo a evidenciar prontamente o conceito ou lei a ilustrar, verificar ou descobrir; a experimentação é vista como uma actividade em que se supõe que os alunos são observadores neutros e objectivos que, seguindo as regras e procedimentos prescritos, obtêm dados certos e seguros para a explicação científica correcta (Guimas de Almeida 1995).

Garcia Barros *et al.* (1995) mostram que os professores têm uma visão restrita das possibilidades educativas do trabalho prático, considerando que ele permite fundamentalmente desenvolver a observação e as habilidades manipulativas e que

constitui uma ajuda para compreender a teoria explicada na "aula normal". Razões apontadas pelos professores para realizar o TE são apresentadas por Hodson (1990): 1) Motivar, estimulando o interesse e diversão; 2) Ensinar "skills" laboratoriais; 3) Promover a aprendizagem de conhecimento científico; 4) Meter-se por dentro do método científico e tornar-se experiente no seu uso; 5) Desenvolver "atitudes científicas", como abertura de espírito, objectividade e isenção ideológica. Este investigador caracteriza tais aspectos como "avulsos e extravagantes" e desmonta-os, acabando por chegar à ideia da distorção da aprendizagem por descoberta que encerra esta visão da Ciência, baseada num conjunto de falsas ideias sobre a prioridade e segurança das observações. Hodson (1986) considera que se trata de "mitos acerca da ciência" interiorizados por professores durante a sua própria educação em ciência e passados aos alunos através do currículo.

Nesta prática muitas vezes os alunos chegavam a descobrir ciência alternativa (!) e, em tais situações, eram simplesmente informados dos seus "resultados errados". A questão é que: "theoretically-uninformed observations *do not* and *cannot* lead to the acquisition of new concepts" (Hodson 1990). Consequentemente o TE, na perspectiva apresentada, não pode ser uma estratégia de aprendizagem efectiva e não pode providenciar um modelo realístico da actividade científica. Tal abordagem ignora ainda totalmente a grande probabilidade de os alunos terem Concepções Alternativas que os conduzem a interpretar os acontecimentos de forma diferente. Como aponta Guimas de Almeida (1995) é questionável essa lógica e organização do TE, bem como o seu valor educativo.

Hodson & Reid (1988b) consideram que as práticas de trabalho experimental em que os alunos passam a maior parte do tempo a seguir receitas, sem saberem muito bem o que é que estão a fazer ou por que é que estão a fazer, pouco contribuem para que aprendam ciência ou aprendam sobre ciência. Igualmente Hodson (1992a) critica o predomínio das práticas-receita que dão pouca oportunidade aos alunos para o *design* de investigações ou até mesmo para interpretar as observações realizadas.

Na abordagem do "trabalho prático" (TP) na aprendizagem da ciência, especialmente na versão extrema da APD, assume-se que o conhecimento é não problemático e susceptível de ser descoberto através de observação simples e da correcta aplicação do método científico. Tal é envolto numa série de ideias incorrectas acerca da natureza do conhecimento, da natureza da ciência e da natureza da aprendizagem.

Para Woolnough & Allsop (1985) "verificar a teoria" ou "ilustrar a teoria" encerra uma perspectiva epistemológica passiva, o que pode ter um efeito perverso quer na qualidade do TE realizado quer nas compreensões teóricas adquiridas pelos alunos. É que é frequente, como têm alertado alguns investigadores (Kubli 1979, Cachapuz 1989, Guimas de Almeida 1995) associar o trabalho experimental à noção de activismo, considerando que, pelo facto de os alunos estarem fisicamente envolvidos numa actividade, se considerar que eles aprendem melhor.

Numa outra vertente, a epistemológica, tal aspecto prende-se com uma visão de cientismo. Como se existisse uma correspondência com a fase experimental da investigação científica, quando se trata apenas de um operacionalismo pedagógico que nada tem a ver com a construção de conhecimento em ciência, que exige sólidos conhecimentos prévios.

Questiona-se se o trabalho prático tem desenvolvido interesse e motivação e aprendizagem nas aulas de ciências. Por vezes os alunos referem que "são sempre o mesmo", e a imagem de "receita" nem sempre motiva o aluno, contrariamente às expectativas dos professores (Arzi *et al.* 1984; Denny & Chennell 1986; Hofstein & Lunetta 1982 *in* Guimas de Almeida 1995). Hodson (1993) considera bem documentado o decréscimo do entusiasmo posto pelos alunos na realização de trabalho prático ao longo da escolaridade, porque enquanto os mais jovens realizam investigações menos estruturadas, a exigência de estruturação aos mais velhos não foi acompanhada de estímulo e de aprendizagem. Para os alunos mais velhos exigir-se-ia "exploração de

ideias, investigação de inconsistências ou confrontação de problemas", que não são geralmente tidos em conta (Hodson 1990).

Os métodos de descoberta não são epistemológica e psicologicamente consistentes. A observação simples não pode e não conduz à descoberta, no sentido de novas explicações conceptuais. Para os alunos, descobrir alguma coisa implica um quadro de referência conceptual inicial. Não é a experiência prática que providencia explicações conceptuais. Pelo contrário, são as estruturas conceptuais que dão significado às experiências práticas. Assim, Hodson & _Reid (1988a; 1988b) usam para o trabalho prático baseado na aprendizagem pela descoberta a metáfora do "carro à frente dos bois"!

A experimentação, vaga e inconsistente (por exemplo a experiência "para ver"), não se transforma progressivamente em experimentação consciente e pensada se a dúvida e a crítica dos factos que dão às ciências o seu verdadeiro carácter não estiverem presentes (Giordan 1978).

No que diz respeito às implicações para o currículo: "If the inductivism and naive realism of school science is to be challenged, then children must be brought to an awareness that observations do not provide a secure basis of fact, do not constitute the starting point for science and cannot be theory-independent". "What is valuable in science is the ideas one has about the data, rather than the data itself". Tal consideração implica repensar o papel da observação no currículo de ciência (Hodson 1986).

Para Hodson (1990) o TP, tal como é concebido e realizado em muitas escolas,

> is ill-conveived, confused and unproductive. It provides little of real educational value. For many children, what goes on in the laboratory contributes little to their learning *of* science or to their learning *about* science. Nor does it engage them in *doing* science, in any meaningful sense

E, como continua Hodson (*ibidem*): "We need to ask, as a matter of some urgency, how this state of affairs has come about and, more importantly, what we can do to remedy the situation". Segundo refere o autor (*ibidem*), o empenhamento e interesse dos alunos surge pela clarificação dos aspectos conceptuais da experiência, identificando por si próprios um problema que seja interessante e que mereça ser investigado ou concebendo eles próprios os procedimentos a serem adoptados.

Hodson (1992a) opõe-se à concepção de trabalho científico como um conjunto algorítmico de regras e procedimentos aplicáveis a todas as situações e, em consequência, à ideia de considerar a formação dos alunos como aquisição de uma série de habilidades descontextualizadas. Hodson sustenta que se aprende a fazer ciência fazendo ciência, realizando investigações de complexidade crescente, mas sempre completas, que respondam a problemas susceptíveis de interessar os alunos e não processos autónomos e descontextualizados. Ressalta o carácter holístico da actividade científica, e consequentemente da aprendizagem e da avaliação, para garantir um nível adequado de literacia científica para todos os alunos.

As ideias sobre a ciência e a natureza da ciência e do conhecimento científico que sustentavam o entendimento apresentado para o TE tinham sido há algum tempo abandonadas pelos filósofos da ciência, embora ainda comummente usadas pelos professores de ciências e pelos manuais escolares. É igualmente a visão predominante da ciência entre os alunos de todos os graus (Hodson & Reid 1988a; 1988b). Tais ideias são também infundadas psicologicamente e mostram-se pedagogicamente improdutivas (Hodson 1990).

Por parte dos professores as **críticas** iniciais vinham principalmente dos custos e de alguma inadequação para os exames externos face ao dispêndio de tempo e de preparação envolvida (Hodson 1990).

Pela acumulação de críticas, e em particular pelo fenómeno da massificação do ensino básico, seguiu-se uma fase de esmorecimento do Trabalho Experimental. De

qualquer modo, o clima dominante parece continuar a ser o da APD, em que o próprio termo "descoberta" é ainda muito caro aos professores e estes se culpabilizam pela não realização de, simplesmente, "mais experiências". Estamos a viver um período em que a nível teórico os paradigmas educacionais convergem para uma revalorização do TE e oferecem um quadro consistente para a sua abordagem embora de disfuncionamentos a nível das práticas de ensino.

O papel e os benefícios do TP voltaram a ser repensados e a sua natureza e a sua utilização prática na escola reavaliadas/reequacionadas.

A partir dos **anos 80** desencadeia-se um movimento de reconceptualização, reavaliação e simultaneamente de revalorização do papel do TE, implicado pelo ambiente de alteração do entendimento da educação em ciência, que, pensamos, ainda não se estendeu às práticas de ensino.

Fundamentado nas teses epistemológicas da Nova Filosofia da Ciência e em princípios psicopedagógicos construtivistas, considerando que o ensino da ciência deve englobar tanto conteúdo e conceitos como processos e valores, é nessa interface que se centra a polémica sobre o valor do TE para a nova concepção de Educação em Ciência. Para Woolnough & Allsop (1985), o envolvimento dos alunos em investigações práticas permitirá "desenvolver nos alunos talentos diversos de originalidade, criatividade, independência e, pode, ainda, contribuir para desenvolver aspectos afectivos como auto-realização, auto-confiança, perseverança e empenhamento".

Para Hodson & Reid (1988b) a relevância e especificidade do papel do trabalho experimental na educação em ciência, face a outras metodologias, reside na possibilidade de os alunos se envolverem na realização das suas próprias investigações, na possibilidade de os alunos usarem os métodos e processos da ciência para investigarem fenómenos e resolverem problemas, mas as suas curiosidades e os seus problemas. De acordo com Hodson (1992 b), processa-se uma interacção constante entre o pensamento e a acção em que as capacidades processuais são uma parte essencial e crucial do desenvolvimento da compreensão dos alunos, tal como os conteúdos (conceitos e

teorias) são um elemento fundamental na aquisição de capacidades processuais. Deste modo, como refere Hodson (1992b; 1993), as investigações experimentais, ao propiciarem a utilização pelos alunos das capacidades estratégicas da ciência, desde formular hipóteses, inferir, conceber planos experimentais, interpretar resultados, num determinado quadro conceptual, com vista à resolução de um problema, contribuem para o desenvolvimento da compreensão conceptual dos alunos e para a sua modificação.

O TE desempenha ainda um papel importante na compreensão dos conceitos teóricos e também contribui para uma visão mais adequada da natureza da investigação científica e da relação da ciência com a tecnologia. As actividades práticas de natureza investigativa e de resolução de problemas podem constituir oportunidades para os alunos trabalharem com base nas suas ideias e concepções e partirem daí "para o reconhecimento de outras perspectivas como úteis e construirem concepções novas e funcionais" (Miguéns 1991).

No **quadro actual** privilegia-se uma abordagem holística da ciência e da sua prática de ensino. Entre conceitos e processos, e outros aspectos como valores, história etc..., surgem outras dimensões epistemológicas que, necessariamente, incluem incerteza, valorização e exploração do erro, reconhecimento do carácter problemático e conjectural do conhecimento, criatividade, etc... na produção da ciência e que se verte na sua aprendizagem. Nesta perspectiva reconhece-se a necessidade de envolvimento do aluno nos seus processos de aprendizagem e a consideração da influência social... Significa uma inversão nas concepções do TE e, em particular, nas práticas correntes que podem envolver TE, reavaliando os seus valores e concedendo-lhe um papel não prescritivo e não reduzido à observação e experimentação. Envolve especulação teórica, debate e confronto de ideias, uso de multiplicidade de métodos e processos, clarificação de conceitos envolvidos, críticas e confrontos. Não é um TE desenvolvido dos factos para as ideias ou, simplesmente, das ideias para os factos, mas como uma actividade de natureza investigativa e de resolução de problemas. Não é um fim em si mesmo, nem um

meio exclusivo, mas uma forma integrada numa via educativa propiciadora de espaços de liberdade necessários ao desenvolvimento pessoal e social do aluno. O TE pela diversidade de processos e de pontos de partida que admite, contribui para a compreensão da natureza da ciência e da actividade científica e para a promoção de interesse e gosto pela aprendizagem da ciência (Guimas de Almeida 1995)

Se assim não for, como referia Giordan (1978), para 97% dos alunos, futuros não-cientistas, das aulas de ciências não lhes resta mais do que "des mots et un mythe".

Alguns dos aspectos da ciência passam por referências a "evidências", explicações, causas, teorias, modelos, provas tentativas, interpretações, e contexto cultural. Tal dá ao professor de ciências boas razões para "teaching about science as an exploration which encompasses much more than just controlling variables and carrying out fair tests. It also shows that our pupils can be learning about the nature of scientific explanation at the same time as they are learning science content" (Duveen, Scott & Solomon 1993).

Nos seus dois artigos da *School Science Review* de 1988, Hodson refere as mudanças necessárias nas finalidades e nos objectivos do currículo e discute aspectos de planificação para assegurar a literacia científica para todos. Nesta perspectiva que apresenta não se pode igualmente conceber o trabalho prático no ensino das ciências simplesmente para "ilustrar" conceitos ou para "provar" a teoria aceite. Pelo contrário, os argumentos são a favor do *design* de um novo estilo de experiência de aprendizagem epistemologicamente fundamentada nas visões actuais da filosofia e sociologia da ciência e na pedagogia, mas em que o ensinar acerca da natureza da ciência está sempre presente.

Como refere Hodson (1988b):

> If conceptual development is assisted by encouraging children to explore, elaborate and test their ideas against experience - both 'real' experience and the 'contrived' experience of the scientific experiment - then laboratory work and experiments in the

> field (that are theory-led and well understood by the children) have a crucial role to play

Igualmente outros aspectos são importantes e alguns são melhor abordados por outros métodos activos de aprendizagem. "What is needed is a judicious blend of laboratory work and these 'other methods'" (Hodson 1988 b). O trabalho de laboratório é também usado para compreender a metodologia científica... Contudo, como aponta o autor, o principal papel para o trabalho de laboratório, para o qual não há outro substituto efectivo, envolve os alunos a trabalharem nas suas próprias investigações.

Hodson (1986) apontava para a necessidade de reconsiderar o papel e o estatuto da observação e questões acerca da natureza da ciência, implicando os professores a terem em atenção uma nova imagem para a ciência: 1) A Observação não é fiável e é dependente da teoria; 2) Técnicas da observação científica precisam de ser aprendidas; 3) Há necessidade de ter em conta os quadros de referência pré-existentes das crianças; 4) Reconsideração da abordagem da descoberta à luz da relação dinâmica entre observação e teoria; 5) Rejeição da imagem tradicionalmente apresentada da ciência livre de ideologia.

Assim, a educação científica que preconizamos, tal como Garcia Barros *et al.* (1995), para o Ensino Básico, não deve limitar-se a introduzir conceitos, leis e teorias, mas a aproximar o aluno ao trabalho científico. Por trabalho científico entende-se "uma abordagem do ensino das ciências que harmoniza a aprendizagem dos conceitos, o desenvolvimento de competências dos alunos e a construção de imagens pós-positivistas no que respeita à natureza do próprio projecto científico" (Cachapuz 1995b). Ensino das ciências como trabalho científico significa orientá-lo intencionalmente de modo a colocar os alunos perante situações diversas encorajando-os a levantarem questões, planearem experiências simples visando testar uma dada hipótese de trabalho, observarem semelhanças e diferenças, fazerem previsões, medir e calcular, comunicar as suas ideias

ou avaliar os resultados a que chegarem em função dos pontos de partida (Cachapuz 1995b).

Tal aproximação pode ser favorecida através de diferentes actividades (Hodson 1992a) e não exclusivamente através das actividades práticas tradicionais. Estas formas promovem um reduzido número de procedimentos científicos, limitados exclusivamente ao desenvolvimento de manipulação, observação e comprovação da teoria, e omitem-se aspectos como a contextualização teórica, a proposição de hipóteses/ensaios, a análise de dados e a obtenção de conclusões (Hodson & Reid 1988 a; 1988b; Bastida *et al.* 1990; Miguéns 1991; etc).

A investigação especializada propõe uma alteração no tratamento do trabalho prático que o torne mais coerente com a própria epistemologia da ciência e com a visão construtivista da aprendizagem. Esta nova orientação do trabalho prático requer o desenvolvimento de materiais curriculares alternativos, dado que os empregues habitualmente são inadequados para aproximar o aluno ao trabalho científico (Bastida *et al* 1990; Paixão 1997). Para estes autores a mudança na orientação dos trabalhos práticos depende basicamente de uma formação adequada e do desenvolvimento de materiais alternativos.

É necessário reconhecer que existe uma grande variedade de trabalhos práticos cujos objectivos /conteúdos são diferentes e portanto não se podem assemelhar estritamente a práticas laboratoriais tradicionais. "Estes trabajos se deben integrar en unidades didácticas adecuadamente diseñadas y no son excluyentes entre si, pudiendo concurrir en la misma unidad actividades diversas" (García Barros *et al.* 1995).

Para promover a aprendizagem e desenvolver procedimentos científicos, tão importante como recolher e analisar dados, é obter conclusões e expô-las. Tudo isso deverá ser contemplado na planificação das actividades práticas e das práticas de ensino (García Barros *et al.* 1995).

Também Gil-Pérez & Carrascosa-Allis (1994) referem que é essencial associar construção de conhecimento com problemas, na ideia que vem de Bachelard de que "todo o conhecimento é a resposta a uma questão". A estratégia de ensino que lhes parece mais consistente com a abordagem construtivista e com as características do pensamento científico é organizar a aprendizagem como o tratamento de situações problemáticas, propondo um esquema que dá especial atenção ao TE e a uma abordagem CTS.

Assim, a ideia central no modelo de aprendizagem científica que propõem é organizar a aprendizagem como tratamento de situações problemáticas abertas (e necessariamente interessantes).

Propõem a metáfora da "aluno cientista noviço/iniciado", já referida em Willson (1987), que, embora com limitações, parece satisfazer melhor a relação do aluno com o conhecimento, com o processo de aprendizagem e com o professor, que a do "aluno simples receptor" ou do "aluno como cientista".

Ressalta a utilidade do trabalho de grupo, tal como outros autores também apontam (Sands 1981; Keys 1994), e a importância da interacção entre grupos. No modelo apresentado, ler um texto, ouvir o professor ou os colegas (confrontar) são actividades associadas com a construção de conhecimento científico.

Naturalmente que se valoriza o trabalho de laboratório, na perspectiva de tratar situações problemáticas abertas de forma criativa e rigorosa que caracteriza o trabalho científico. Para estes autores, aprender não pode ser concebido como uma sucessão de actividades dispersas, pelo que a construção de um corpo coerente de conhecimento obriga a "programas" de investigação para orientar os alunos.

A escrita colaborativa encoraja os alunos a construir a sua compreensão dos conceitos da ciência criando um envolvimento e um ambiente no qual pensam, questionam e discutem (Hodson 1990; Keys 1994; Woolnough & Toh 1990), elaboram

relatórios como meio de avaliação formativa (Castro & Pereira 1994), devendo este tornar-se num instrumento de aprendizagem metacognitiva (Cachapuz 1995a)

Se o que se pretende é promover a aprendizagem significativa de conceitos ao mesmo tempo que uma aproximação do aluno aos processos da ciência e uma aprendizagem sobre a natureza da ciência e do conhecimento científico, é imprescindível que a formação de professores dê especial ênfase à análise de diferentes tipos de actividades práticas.

Por outro lado necessita/impõe uma formação de professores específica de âmbito metodológico e actitudinal (Gil Pérez *et al.* 1991).

O *design* dos programas de actividades precisam investigação feita pelos próprios professores, uma avaliação crítica por outros *experts* e ensaio na sala de aula. Os próprios autores referem que é preciso ser cuidadoso na conjunção de actividades que formam um Programa, para promover um trabalho científico oposto a crenças inadequadas acerca da natureza da ciência que frequentemente afectam alunos e também professores.

Um outro aspecto a considerar é que o estilo de Trabalho de Laboratório influencia profundamente os resultados da aprendizagem, especialmente os relacionados com a aprendizagem de conceitos científicos, compreensão da ciência e aquisição de atitudes científicas (Hodson 1990). Para Hodson (1992b), a avaliação actual do ensino das Ciências não reflecte a importância que os currículos dizem conceder aos trabalhos práticos.

1.2.2.3. Perspectivas Apontadas pelo Movimento CTS

Desde sempre a tecnologia faz parte das nossas vidas. A sociedade origina algumas necessidades tecnológicas, supostamente para melhorar a qualidade de vida, mas também tenta controlar a tecnologia através da política e de meios legais disponíveis. Por sua vez, a tecnologia tem influência na vida dos cidadãos, na medida em que estes fazem uso dela. Como resultado da aceitação social, ou da imposição mais ou menos subtil, a sociedade também muda profundamente, muito moldada pela tecnologia (Acevedo Díaz 1996).

Não obstante, apesar da vigência actual da tecnologia, o seu estatuto cultural e académico é notavelmente inferior ao da ciência. Tradicionalmente a tecnologia tem sido marginalizada pela filosofia em benefício da ciência "pura". Este desinteresse filosófico deve-se sobretudo, como realça Acevedo Díaz (1996), ao dogma cultural que coloca o conhecimento teórico à frente do saber ligado às capacidades operativas próprias das técnicas; supremacia racional e dogmática da teoria, que nasce com o programa teoricista desenvolvido pela antiga filosofia grega e que se estende desde o epistemológico até ao ético e ao político. O dogma teoricista conduziu, no final do século XIX, a que a ciência moderna se apropriasse em grande parte da tecnologia, subordinando-a ao abstracto e considerando-a aplicação dos conhecimentos científicos (*ibidem*).

Esta imagem deformada tem sido sustentada acriticamente, ocultando as profundas relações existentes, assim como as inter-relações entre a construção das teorias científicas e os conhecimentos produzidos pelas tecnologias, como mostra o desenvolvimento histórico e social da ciência e da tecnologia (Acevedo Díaz 1996).

Historicamente muitas tecnologias foram desenvolvidas antes de descobertas científicas relevantes. O peso da história humana provavelmente é a favor da visão de que a tecnologia em geral se desenvolve e não precisa de conhecimento científico formal. Tivemos uma longa história da tecnologia antes de termos tido uma história da ciência e,

desde o meio do século passado, podemos encontrar um considerável número de tecnologias surgidas após relevante ciência ter sido desenvolvida. Um dos exemplos mais famosos foi o transistor, explorado e desenvolvido antes de que qualquer aplicação fosse pensada ou planeada. Algumas vezes ciência e tecnologia foram desenvolvidas independentemente uma da outra, outras vezes em paralelo. Noutras situações a tecnologia foi concebida porque o conhecimento científico a requeria. Algumas tecnologias foram desenvolvidas sem conhecimento científico relevante (Fensham 1990). Mas, praticamente sempre, ciência e tecnologia estão relacionadas.

No seu livro "The social function of science", Bernal (1939 *in* Cross 1990) descreve as formas como a ciência interactua com a sociedade e ataca os que acreditam na ciência sem valores. Cinquenta anos depois o livro mantém-se actual e instrutivo. Indica que muitas das misérias sofridas pela raça humana são a demonstração do fracasso da noção de que a ciência podia, deixada a si própria, ser necessariamente boa para toda a gente .

Esta consideração das inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade criou, no final dos anos 30, um Movimento incidente na atenção dada ao planeamento da ciência para a melhoria da vida humana. Contudo a guerra trouxe muitas alterações, incluindo o acesso de um grande número de cientistas aos corredores do poder e o crescimento dos projectos de guerra. Na América, Los Alamos tornou-se um símbolo do poder da Ciência sobre a natureza, Oppenheimer trouxe muita desaprovação das condutas da ciência... O início dos anos 60 foi um período magro para o Movimento, apesar de algumas obras escritas nesse sentido. Com a importância nascente dos movimentos ambientalistas dos anos 70, renovou-se o interesse na responsabilidade social da ciência. A engenharia genética ou o aumento da quantidade de resíduos industriais, por exemplo, levantaram questões de considerável importância da ciência e da tecnologia para a sociedade (Cross 1990).

O mundo da ciência é parte da sociedade. Contudo, os cientistas raramente constituem mais que 5% da comunidade em qualquer sociedade. Assim, temos na escola alunos que são parte da sociedade e não são, em sentido formal, parte do subconjunto da sociedade ligado à ciência. Só uma pequena parte serão cientistas (Fensham 1990).

O que se fazia principalmente com os alunos na escola era tentar induzir os melhores a irem para as ciências, dando-lhes os conhecimentos e conceitos básicos. É o que Fensham (1990) chama "ciência de elite". Essa não é "Ciência para Todos", que permite e incentiva a uma boa integração dos cidadãos numa sociedade democrática, na perspectiva que refere Bernal na obra "The freedom of necessity" (1946 *in* Cross 1990):

"Science and education are still powerful weapons for the defense of democracy, and for making possible the extension and development of democracy in the direction of an ordered, yet free, co-operative community".

O tema "Ciência para Todos" começou a ser importante em particular a partir de meados de 80 e a ciência passou a ser uma parte efectiva na educação de todos os alunos (Fensham 1990). Políticos e outros *leaders* começaram a associar a educação em ciência com a palavra tecnologia e com sociedade tecnológica. É indubitável que a educação em ciência tem alguma coisa a ver com tecnologia e com preparar as pessoas para viverem numa sociedade impregnada de tecnologia (Fensham 1990).

Já na década de 70 se gerou alguma sensibilização para a definição das necessidades da educação em ciência, incluindo aspectos relacionados com o desenvolvimento científico, no sentido de incorporar as relações entre a ciência e a tecnologia bem como a educação acerca da ciência e da tecnologia (McConnell 1982).

Durante o ano de 1978 discutem-se os potenciais objectivos para a Educação em Ciência na área da interrelação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), com cientistas, sociólogos, engenheiros e investigadores em educação em Ciência, identificando áreas de interesse com as quais os cidadãos, agora nas escolas, serão confrontados nas suas vidas. A partir de investigações conduzidas (Flemming 1986;

1987), fizeram-se múltiplas recomendações a responsáveis pela educação, incluindo formadores de professores, que passam por inclusão de materiais CTS para o ensino, em livros, currículos e sala de aula, em todas as áreas de ciências e outras, programas de formação inicial e contínua de professores, contendo estratégias sistemáticas para desenvolver nestes a consciência da importância de incluir CTS como uma matéria legítima para estudo e questões sobre a recente educação em tecnologia.

Ensino e aprendizagem acerca de problemas sociais tem sido uma parte aceitável do currículo de Estudos Sociais na América..., representando aspectos de que os futuros cidadãos em democracia é suposto serem conhecedores.

A fundamentação para tais cursos é que um importante objectivo para a Educação em Estudos Sociais melhora a literacia cívica e social. Tais cursos começaram, progressivamente, a incluir assuntos relacionados com a ciência.

Em 1977 o National Council for the Social Studies organizou, através do seu Society Advisory Committee, um manifesto no sentido de incentivar e esclarecer os professores e alunos em assuntos relacionados com a ciência e tecnologia. No preâmbulo esclarece-se:

> The impact of science and technology on society, and of society upon science and technology, are of increasing and vital importance. Scientific and technological developments often move so rapidly that social institutions are unable to respond effectively. This gives rise to unprecedented ethical questions and societal problems and creates demand on citizens and on society for new insights and understandings (Benne e Birnbaum, 1978 *in* McConnell 1982).

Muitos investigadores estão de acordo em considerar a existência de um Movimento CTS no ensino das ciências (Fensham 1990; Vaz & Valente 1995; Solomon 1987; 1994; Vázquez Alonso & Manassero Mas 1995; Iglésia 1997, entre outros). Professores de ciências em muitos países já estão preocupados com o problema de se assegurar que os alunos relacionam a ciência com as forças sociais, tecnológicas e

políticas que configuram a ciência, e que os cursos com abordagem CTS apresentam um caminho mais conveniente para alcançar essas finalidades (Cross 1990).

Contudo, hoje em dia não há acordo sobre o que significa o movimento CTS, mas poderia dizer-se que promove a literacia ou alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos para que possam participar no processo democrático da tomada de decisões e na resolução de problemas relacionados com a ciência e com a tecnologia (Iglésia 1997).

O movimento adquiriu tal importância que, em 1990, este enfoque foi reconhecido como orientação para a reforma em educação científica em muitos países. A UNESCO mudou a sua orientação de ciência integrada para o enfoque CTS e esse interesse tem vindo a aumentar (Iglésia 1997). Com tal expressão podem perseguir-se distintas formas de enfrentar as necessidades e carências sociais originadas pelo rápido avanço da ciência e da tecnologia. Neste sentido, Waks (1986 *in* Acevedo Díaz 1996) afirma que tal expressão serviu para aglutinar diferentes grupos de opinião dispostos a promover os seus objectivos específicos, por vezes contraditórios entre si, na política educativa. O que têm em comum todas estas propostas é a crença, muito difundida mas não exclusiva do enfoque CTS, de que é na educação formal que se devem tratar estas questões. Em particular, as distintas formas de abordar a "alfabetização" tecnológica vão desde as mais centradas nos conhecimentos até às que põem mais incidência nos aspectos atitudinais (Acevedo Díaz 1996). As finalidades próprias do movimento CTS são assinaladas por Waks (1990 *in* Acevedo Díaz 1996): "El propósito de la educación CTS es promover la "alfabetización" en ciencia y tecnologia, de manera que capacite a los ciudadanos para participar en el proceso democrático de toma de decisiones y se promueva la acción ciudadana encaminada a la resolución de problemas relacionados con la tecnología en la sociedad industrial" (Acevedo Díaz 1996).

De acordo com as ideias do movimento CTS, o estudo da tecnologia deveria estar interligado com o da ciência e suas consequências sociais. Fleming (1989) propõe que a alfabetização tecnológica deve ser destinada à formação de cidadãos com capacidades

críticas ante a tecnologia, o que não supõe necessariamente adoptar posições antitecnológicas. De acordo com este investigador, uma pessoa tecnologicamente alfabetizada é a que tem capacidades para se informar e reflectir sobre questões importantes da sociotecnologia, tais como: 1) As ideias sobre o progresso tecnológico; 2) Que tecnologias podem resultar adequadas; 3) Que benefícios e custos do desenvolvimento tecnológico; 4) Os modelos económicos ligados com a tecnologia; 5) As decisões pessoais implicadas no consumo de produtos tecnológicos; 6) Como se configuram as aplicações tecnológicas mediante as decisões tomadas pelos que gerem a tecnologia (*in* Acevedo Díaz 1996).

Para Fleming (1989), a visão sociotecnológica da tecnologia é a mais apropriada, pelo que as instituições educativas deveriam preparar os alunos de todos os níveis, mas em particular os do ensino básico e obrigatório, para a sua participação pública numa efectiva tomada de decisões num mundo como é o actual e presumivelmente o futuro. Esta é a principal finalidade da forma mais democrática de entender a "alfabetização" científica e tecnológica de um ponto de vista CTS.

Existe, assim, um consenso crescente relativamente à educação para a literacia científica e, por causa das alterações nas relações CTS, uma necessidade de uma nova base ou fundamentação filosófica para a educação em ciências, que reflicta o lugar e significado da ciência moderna e da tecnologia na sociedade contemporânea (McConnell 1982). Existe uma indivisibilidade do conhecimento científico e tecnológico. Como estruturas sociais e económicas, elas estão ainda mais intrincadas. Muitos dos problemas mais prementes ocorrem na interface da ciência, tecnologia e sociedade, e, desse modo:

> Educators need to examine seriously the proposition that the working definition of science education ought to be expanded to include technology and also what would ordinarily be selected aspects of the subject metter of sociology, economics, politics, history, psychology, philosophy of science, and philosophy of technology (McConnell 1982).

A ciência ensinada num contexto social é inefectiva, a não ser com informação científica válida. Igualmente importante é compreender acerca do que é a ciência, e o que pode e não pode fazer. O próprio uso da informação científica requer uma compreensão da sua validade tal como das suas limitações para dirigir os sistemas sociais (McConnell 1982; Paixão 1995).

De acordo com Acevedo Díaz (1996), do ponto de vista de uma perspectiva CTS o mais ampla possível, uma proposta de educação tecnológica no ensino obrigatório deveria contemplar os seguintes aspectos:

1) Dar enfoque construtivista ao ensino e à aprendizagem da tecnologia que tenha em conta as concepções, os interesses e as atitudes dos alunos.

2) Abordar os problemas sociotecnológicos práticos verdadeiramente relevantes para os alunos, tanto os que a tecnologia pode ajudar a resolver como os que cria. Podem ser históricos, contemporâneos ou futuros, sendo os actuais os mais reais e tangíveis.

3) Aproveitar o tratamento dos problemas sociotecnológicos para situar em contextos específicos os conceitos da ciência que utiliza a tecnologia, baixando assim o seu nível de abstracção.

4) Utilizar os problemas sociotecnológicos para introduzir alguns aspectos sociais relacionados com a tecnologia: filosóficos, sociológicos, éticos, políticos, económicos, valores próprios da técnica...

5) Contribuir para desenvolver as capacidades necessárias para argumentar em relação com a tomada de decisões sobre questões CTS numa sociedade democrática.

6) Favorecer a abertura do âmbito escolar ao meio social em que se encontra, promovendo a participação na aula de especialistas, visitas a fábricas, museus da técnica...

Kings (1990) apresenta os objectivos dos novos programas de Educação em Ciência que formam a base da Filosofia CTS, e que se cruzam com os aspectos antes enumerados:

1) Preparar os estudantes para usar a ciência e tecnologia na compreensão e melhoria/desenvolvimento das suas vidas quotidianas.

2) Preparar os estudantes para assumir responsabilidades em questões sociais relacionadas com a ciência.

3) Encorajar nos alunos uma curiosidade acerca do mundo natural e compreensão de explicações científicas dos fenómenos naturais.

4) Encorajar nos alunos um consciência e compreensão da natureza da ciência como um esforço humano internacional.

5) Desenvolver nos alunos uma consciência das carreiras/profissões relacionadas com ciência e tecnologia

Tal implica maior atenção aos recursos materiais e humanos (incluindo mais e melhor formação de professores), introduzir novas formas organizativas nos centros, um profundo trabalho de planificação e desenvolvimento curricular. Como referem Vaz & Valente (1995), este enfoque "exige que a formação dos professores no domínio da alfabetização científica e tecnológica contemple formas de "tradução" de conhecimentos científicos (disciplinares ou não), do contexto da sua produção e sistematização para o contexto da sua utilização numa sociedade decisiva". "Requer que se desfaça o isolamento a que se submeteu o objecto do conhecimento científico. Exige a sua recontextualização ética e sócio-cultural".

Tradicionalmente um currículo de ciência consiste numa selecção de factos, conceitos e princípios, organizados em disciplinas como a Química, Biologia, Física, Ciências da Terra. O critério para seleccionar o assunto é informado pelo que historicamente tem sido considerado representativo de uma disciplina particular. Como aponta McConnell (1982), a primeira tarefa do professor era transmitir um corpo particular de informação historicamente verificada. Usando conhecimento de significado histórico, os decisores do currículo evitavam problemas associados com o tremendo

aumento de novo conhecimento. Contudo uma nova percepção do papel do conhecimento teve implicações no ensino da ciência. Esta foi a visão do conhecimento como a melhor economia de uma nação. O papel da educação tornou-se o de desenvolver *skills* intelectuais para optimizar a utilização do conhecimento e assim, como refere Hurd (1987 *in* Freire 1994), "um currículo de ciências terá de ser entendido no contexto da ciência, tecnologia e sociedade. Estes currículos contribuem para um maior empenhamento dos alunos na resolução de problemas para os quais terão de recolher informação e fazer juízos de valor sobre assuntos pessoais e do mundo real".

Nos currículos escolares de ciência tem sido habitual desprezar a dimensão técnica em favor de conhecimentos científicos idealizados, desligados do que os alunos vivem cada dia e que portanto, não são funcionais e úteis para muitas pessoas. A recuperação dos aspectos tecnológicos para o currículo proposto pelo enfoque CTS supõe fazer uma ciência da vida diária ou pelo menos muito relacionada com o envolvente habitual dos alunos (Vázquez Alonso & Manassero Mas 1995).

A análise dos currículos de CTS desenvolvidos nos USA apresentam dois enfoques básicos para a educação em ciência: um enfoque sobre questões sociais, ou seja, temas com relevância social que caem dentro da órbita da ciência e da tecnologia e um enfoque sobre os aspectos sociais da ciência, ou seja a análise da interacção entre Ciência e Tecnologia e outras disciplinas sociais (e vice-versa) tais como a Filosofia (epistemologia e ética), sociologia (possibilidades e limitações da Ciência e Tecnologia para resolver os problemas da sociedade), história (relações mútuas da história com Ciência e Tecnologia), política (políticas globais, políticas científicas, decisões políticas, defesa nacional), economia (indústria, consumo, emprego) (Vázquez Alonso & Manassero Mas 1995).

Desenvolver uma adequada compreensão da natureza da Ciência, ou seja, dos valores e suposições próprias do desenvolvimento do conhecimento científico, é um objectivo da educação em ciência que concita um grande acordo universal e é enfatizado

desde a perspectiva CTS pela natureza dialéctica da interacção entre Ciência e Tecnologia e as disciplinas sociais (Vázquez Alonso & Manassero Mas 1995).

A educação em ciência deve produzir sobre todos estes aspectos atitudes coerentes e concordantes com a natureza da ciência, as relações CTS e as diversas questões sociais (Vázquez Alonso & Manassero Mas 1995).

A utilização do conhecimento científico requer alunos aprendendo num contexto centrado na resolução de problemas. Para a maior parte, estes problemas devem ser problemas do "mundo real" e, por isso, com dimensões CTS.

A utilização de informação científica e tecnológica num contexto social coloca questões de valores e éticas. Estes aspectos provêm de conflitos do melhor uso de conhecimento recentemente adquirido para propósitos da vida real. Novo conhecimento e novas tecnologias frequentemente alteram o leque de escolhas e alternativas abertas às pessoas, que obrigam a uma reconsideração e reestruturação de valores pessoais e sociais. Consequências não antecipadas das inovações tecnológicas podem igualmente resultar em questões éticas. A ciência e a tecnologia são confrontadas com questões de valor e de mérito social, particularmente em relação a consequências práticas. A ideia tradicional de que a ciência é neutra, isenta de valores, é quase sempre pouco legitimada.

Historicamente o ensino das ciências era visto na perspectiva do passado (conhecimento estabelecido), menos do que nas necessidades do futuro. Contudo, se os educadores adoptarem um quadro de referência mais de acordo com as abordagens CTS, as orientações para o futuro tornam-se mais apropriadas (McConnell 1982).

Sem dúvida que consideramos, como McConnell (1982), que o comportamento político e social dos cidadãos é melhor informado por um sólido conhecimento e compreensão científicos e tecnológicos mas, uma vez definida tal literacia científica, como pode ela ser melhor construída no currículo escolar?

A par dos princípios enumerados e dos incentivos à mudança começam a surgir algumas propostas mais concretas de investigações, que incluem relatos de experiências no domínio de prática CTS e atitudes de alunos e professores relacionadas com o desenvolvimento dessas práticas.

Kortland (1996) salienta que o programa de ciências físicas do ensino secundário na Alemanha, em vigor desde 1993, inclui procedimentos com questões ambientais na aula, na ideia de que os alunos devem ficar aptos a apresentar um ponto de vista com argumentos, baseado no conhecimento e compreensão de questões relacionadas com problemas ambientais. A investigação conduzida indicou que, depois de uma série de lições, os alunos melhoraram a sua compreensão sobre as questões relacionadas com questões ambientais que podem ser avaliadas pela sua argumentação e pode ser mostrado progresso pela validade e clareza dos critérios usados para avaliar alternativas.

Acevedo Díaz (1993) refere-se à situação em Espanha, reclamando a incorporação nos currículos de actividades que permitam mostrar as complexas relações entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade, tratando de dar também uma imagem mais autêntica da ciência através do seu contexto histórico, capaz de superar mitos. Estes aspectos, além de servirem a formação de cidadãos, supõem também um aprofundamento de conhecimento científico e poderiam constituir um valioso elemento na melhoria das atitudes em relação à aprendizagem das ciências.

Em particular têm surgido investigações adoptando perspectivas de Investigação-Acção. Solbes & Vilches (1997) referem que a inclusão do estudo dos aspectos CTS é importante não só para formar cidadãos para uma sociedade cada vez mais dependente da C e da T mas para melhorar a atitude para com o desenvolvimento da Ciência e Tecnologia também na formação de futuros cientistas. Outra consequência da investigação foi o *design* de assuntos CTS para alunos que não escolheram a opção de ciências, com a intenção de apresentar a ciência como um dos elementos fundamentais da cultura do nosso tempo, contribuindo para o desenvolvimento de um dos mais

frutíferos campos da investigação em Didáctica das Ciências nos anos recentes, que permite uma melhor compreensão da situação de mudança que o ensino e que as ciências têm sofrido em campos históricos e filosóficos.

Igualmente Pedretti & Hodson (1995), num estudo em que descrevem alguns resultados de uma investigação-acção com professores, referem que o principal resultado do trabalho colaborativo foi o reforço, o alargamento de horizontes e a construção de confiança profissional, pela consideração de educação CTS que incluía o desenvolvimento de materiais curriculares.

A opinião de Vaz & Valente (1995) é que em Portugal, ainda que de forma incipiente, os currículos emergentes da Reforma Educativa apontam para algumas influências do Movimento CTS. A primeira autora conduziu uma investigação profunda sobre respostas curriculares àquilo a que chamou a mudança do *ethos* da ciência vistas pela inclusão da perspectiva referida nos Manuais escolares (Santos 1998).

Para alguns autores a abordagem CTS estabeleceu-se como a maior força no desenvolvimento do currículo de ciências em muitos países e como a componente mais relevante da educação científica básica (Vaz & Valente 1995). Pedretti & Hodson (1995) consideram que foi um erro assumir que a CTS é a única, coerente e bem articulada abordagem da educação em ciências. Consideram estes investigadores que se trata de um movimento com algumas tensões. Há uma resistência a estandardizar tais cursos talvez porque, se um dos argumentos para educação CTS orientada é que ela ajuda os alunos a adaptar-se à vida num mundo em rápida mudança, deve ser contraprodutivo (se não absurdo) especificar o que devem conter. Para ser uma alternativa viável e vital à educação em ciência convencional, a perspectiva CTS deve ser capaz de encontrar necessidades e interesses locais num quadro global de referência e serem suficientemente flexíveis para se adaptarem às circunstâncias em mudança.

Concordamos com Pedretti & Hodson (1995) quando preferem a designação CTSA (STSE), incluindo a sua preocupação central com o ambiente, e também na

proposta de que deve ser "uma ênfase curricular" que permeia o currículo total e não cursos exclusivos ou restritos.

A visão dos autores é enraizada na noção de literacia científica e tecnológica crítica. Embora a literacia científica não seja um conceito novo, mas não estando ele bem definido, a sua multidimensionalidade deve, contudo, ter o potencial de providenciar uma espécie de currículo de ciências multidisciplinar ou, pelo menos, uma coerente e equilibrada educação em ciência.

Existe disputa acerca de como é que os programas de ciências podem preparar alguns estudantes para carreiras científicas e tecnológicas e simultaneamente assegurar que todos os estudantes se tornem cientificamente letrados. Acredita-se que tais objectivos são compatíveis e realizáveis se a ênfase for na personalização da aprendizagem e na politização da educação em ciência. Não perfilhamos, em absoluto, a base da construção individual apontada por Pedretti & Hodson (1995), mas concordamos com a importância de assegurar que os alunos têm oportunidade de confrontar aspectos que têm uma dimensão científica, tecnológica e ambiental, e também que, integrando os conteúdos em contextos sociais e pessoalmente relevantes, tal pode dar a motivação para assuntos mesmo abstractos...

É uma nova organização conceptual para a educação em ciência!

Suscitaram-se diversas críticas ao movimento CTS fundamentalmente a partir de posições que se podem classificar como enfoques convencionais do ensino das ciências experimentais. Assim, atribuiu-se ao enfoque CTS um problema de falta de identidade devido à sua natureza multidisciplinar aduzindo-se também que dá primazia ao ensino da componente social e tecnológica sobre o ensino da ciência (Shamos 1995 no seu livro The Myth of Scientific Literacy, *in* Iglésia 1997).

Apesar do interesse e importância, temos que ser conscientes das complicações que esta abordagem implica na prática de ensino com alunos do ensino obrigatório, porque estes têm bastante desconhecimento dos numerosos factores sociais, políticos e

económicos que, conjuntamente com outros, emocionais e psicológicos, afectam a tomada de decisões sobre tecnologia e sociedade (Acevedo Díaz 1996). Aliás, a maior parte dos estudantes e muitos professores contemplam as complexas interrelações CTS desde uma perspectiva muito simplista (Acevedo Díaz 1996). Em particular, como sublinha Hodson (1994), esta educação em ciência não pode ser neutral.

Como realizar a integração CTS no currículo?

A problemática da integração do enfoque CTS no currículo escolar é semelhante ao de outras temáticas transversais. Hickman *et al.* (1987) apontam algumas vias facilitadoras da introdução da perspectiva CTS no currículo: 1) Inclusão de módulos ou unidades CTS em materiais de orientação disciplinar; 2) A infusão do enfoque CTS em matérias já existentes a través de repetidas inclusões pontuais ao longo do currículo; 3) a criação de uma matéria CTS; 4) A transformação completa de um tema tradicional já existente, mediante a integração no total da perspectiva CTS.

No que respeita à consideração de **estratégias** de ensino/aprendizagem em CTS, é inadequado dizer que alguma seja exclusiva do enfoque CTS mas pode afirmar-se que tal abordagem exige um reportório de estratégias mais variado que outros tipos de ensino. Entre os mais usados podemos mencionar: trabalho em pequenos grupos, aprendizagem cooperativa, discussões centradas nos alunos, a resolução de problemas, simulações e jogos de papéis, tomada de decisões, debate e controvérsias (Iglésia 1997).

Em resumo, a perspectiva CTS ressalta aspectos claramente atitudinais e impulsiona a necessidade de promover atitudes adequadas, em relação a aspectos sociais, à imagem e natureza da ciência e dos cientistas para uma educação em ciência.

Tanto desde a perspectiva das questões sociais com relevância social, com as quais se deve conseguir uma atitude decididamente crítica e positiva, como desde a perspectiva dos aspectos sociais da ciência, o posicionamento CTS é uma fonte inestimável e

actualizada de novas atitudes relacionadas com a ciência que sublinha e reforça uma perspectiva humanista e social da educação em ciências.

Gerou-se um novo debate que implica uma nova visão da ciência e preparação para a ensinar de uma nova forma.

1.3. Práticas de Ensino e Imagens sobre Ciência de Professores e de Alunos

As concepções têm uma génese individual e social, a pessoa estrutura-as e integra-as, mas são moldadas pelo contexto e elaboradas ao longo do tempo de vida pessoal e profissional.

A influência das concepções dos professores nas práticas de ensino é realçada por Brickhouse (1989), para quem os mais experientes têm ideias mais consistentes enquanto que os novos são inconsistentes nas ideias sobre a natureza da ciência. Para Brickhouse & Bodner (1992) os professores são "realistas metafísicos". Linder (1992), citando Putnam (1983), refere-os como acreditando que se pode pensar e falar sobre as coisas tal como elas são, independentemente das nossas mentes.

Para muitos professores há forte relação entre as suas concepções sobre a natureza da ciência a as suas práticas de ensino, particularmente na forma como concebem ou seleccionam e implementam as actividades de ensino e aprendizagem.

Alguns investigadores não vêem causas directas entre as concepções sobre ciência e as práticas de ensino (Pomeroy 1993; Lederman 1986; Lederman & Zeidler 1987), considerando a existência de outras influências (Brickhouse & Bodner 1992). Lederman (1992) sugere que a transposição das concepções para as práticas é mediada por um complexo conjunto de variáveis situacionais. Contudo, diferentes aspectos das concepções tendem a ser congruentes com estratégias de ensino adoptadas (Brickhouse 1989; 1990; Duschl 1990; Gallagher 1991).

Guimas de Almeida (1995) refere que, embora muitos resultados de investigação se reportem fundamentalmente à análise da relação entre perspectivas epistemológicas dos professores e as respectivas práticas de ensino na globalidade, é pressuposto considerar que tais relações com as práticas de Trabalho Experimental sejam da mesma natureza. Essas concepções influenciam, por exemplo, a escolha de actividades experimentais e o discurso subjacente. Hodson (1993) refere que, mesmo quando os professores têm perspectivas claras e coerentes sobre a actividade científica, nem sempre planeiam as aulas experimentais de modo consistente com essa perspectiva, atribuindo maior importância a aspectos organizacionais ou de gestão e a questões e preocupações essencialmente de natureza pedagógica. Sobrepondo-se tal preocupação, o professor ignora, na sala de aula, as suas perspectivas epistemológicas. Nem por isso é neutra a concepção que encerra a imagem de ciência que é passada para os alunos.

Parece assim mais forte a posição de que a forma como cada professor concebe e orienta a prática de ensino depende não só das suas próprias concepções acerca da natureza da ciência mas também das suas experiências, da sua interpretação do currículo, da forma como concebe a educação e da visão sobre o aspecto institucional, em particular da forma como entende o seu papel profissional e as finalidades da educação (em ciência).

As perspectivas/imagens apresentadas e passadas pelos professores para os alunos derivam das próprias experiências de aprendizagem no percurso escolar, dos manuais escolares e outros materiais, e da formação recebida. Entre as concepções de ciência dos professores prevalecem perspectivas positivistas mais de tendência empirista e indutivista (Aguirre 1990; Cawthron & Rowell 1978; Elkana 1970; Giordan 1978; Hodson 1985; 1993; Linder 1992; Matthews 1990a; Pomeroy 1993; Ruggieri *et al.* 1993, Praia 1995; Praia & Cachapuz 1994a; 1994b; 1998). Gallagher (1991) e Matthews (1990)

responsabilizam, em particular, a ausência de formação em História e Filosofia nos Cursos de Formação de Professores.

Assim, e em relação a questões epistemologicamente relevantes, é possível caracterizar o "ambiente epistemológico" mais frequente das práticas de ensino de ciências em três aspectos essenciais:

. Metodologia da ciência e relação teoria/observação/papel da experiência

. Construção do conhecimento científico e perspectivas de erro e de verdade

. Face humana e social da ciência (e imagens dos cientistas e papel da comunidade científica).

1.3.1. Metodologia da Ciência e Relação Teoria/Observação/Papel da Experiência

Os professores identificam como atributos da ciência a coerência lógica, o rigor, a racionalidade, a correspondência do conhecimento com os resultados experimentais, a causalidade e a reprodutibilidade. Acreditam que a metodologia científica da ciência moderna se mantém e que o crescimento científico se produz linearmente. Que é possível a correspondência com a realidade, a certeza e a verdade, numa consideração da objectividade da ciência decorrente da objectividade dos factos empíricos.

Veiculam-se implicitamente ideias de que a teoria é um corpo de conhecimentos inquestionáveis, revelados por observações infalíveis e experiências conclusivas, conhecimento científico certo e acabado, gerado por métodos infalíveis (Benson 1989; Cheung & Taylor 1991; Duschl & Guitomer 1991; Hodson 1992a).

Existe uma separação tradicional entre observação e elaboração de teorias e estas são definitivas (Geymonat sd, 30).

As teorias são vistas pelos alunos como agregados de proposições sem ligações recíprocas, em vez de sistemas coerentes e compactos de enunciados e os dados são vistos de forma inocente (Catalan Fernandez & Catany Escandell 1986).

Foi encontrada nos alunos uma imagem simplista, ingenuamente absolutista da natureza das hipóteses e das teorias científicas, e uma não compreensão de que as teorias podiam ser provadas ou refutadas (Bady 1979).

A maioria dos alunos mostrou acreditar que as teorias científicas, com constantes testes e confirmações, se transformavam e amadureciam em leis, numa visão indutivista (caminhando para generalizações) (Rubba & Anderson 1978) intitulada depois por Horner & Rubba (1978;1979) por "fábula das leis como teorias maduras". Os alunos pensam que os cientistas tentam descobrir factos acerca da natureza, fazendo observações e tentando construir daí uma ideia teórica ou um modelo.

Quanto à Experiência a ideia clássica do seu papel é uma imagem indutivista de que, a partir dela, se extraem princípios seguros, contrariamente à ideia contemporânea de que tais princípios não poderão ser senão princípios hipotéticos "sugeridos" por ela e não deduzidos dela (Geymonat sd).

A imagem dos alunos é uma perspectiva idealista, de que a preparação da experiência envolve apenas aspectos tecnológicos, contrariamente à ideia de que ela envolve também aspectos essencialmente teóricos (teoria do fenómeno indagado (Geymonat sd)). Para os alunos a imagem é a de que se liga o aparelho, se fazem medições e se comparam com a teoria (Silverman 1992).

A maioria dos estudantes, independentemente da escola ou grau, mostrou acreditar que as hipóteses podiam adequadamente ser testadas e provadas por verificação (Bady 1979).

1.3.2. Construção do Conhecimento Científico e Perspectiva de Erro e de Verdade

A imagem de circunspecção com que a ciência é olhada pelas sociedades contemporâneas faz conter em larga medida a percepção de que questões científicas encontram necessariamente respostas não ambíguas e únicas (Silverman 1992), e a imagem que é alimentada é a de verdades pontuais parcelares, discretas e aditivas. Entre os não cientistas prevalece a perspectiva de que a ciência é construída sobre verdades não problemáticas e que compreende métodos lógicos para validar (Silverman 1992).

A imagem que é passada para os alunos sobre a História da Ciência respeita apenas à cronologia das descobertas, como se fosse possível identificar, sempre e de forma não problemática, quem, quando e onde, de forma definitiva e inequívoca, descobriu tal ou tal fenómeno. Prevalece a imagem de que a ciência se desenvolve por meio de acumulações de descobertas e inventos individuais, sem estrutura interna (Kuhn 1975).

Os alunos não pensam na ciência com carácter convencional, mas sim que o desenvolvimento da ciência acontece por simples acumulação de novas descobertas, alcançando verdades absolutas (Geymonat sd).

Mantém-se a imagem, que prevaleceu durante séculos, de que o desenvolvimento da ciência caberia à lógica indutivista, que fornece regras precisas para extrair da experiência os princípios científicos aos quais deve obedecer o curso dos fenómenos (Geymonat sd). O progresso científico consistirá então, unicamente, no acrescentar novas verdades absolutas ao conjunto das já adquiridas, de forma linear.

Os alunos possuem perspectivas clássicas sobre o que a ciência é: possui um método lógico para determinar a validade de uma teoria e realça-se o "produto final" da investigação científica, consistindo em factos e princípios já tidos como bem estabelecidos, e não a investigação, ela própria, "o partir pedra", que foi seguido da descoberta até à aceitação geral (Silverman 1992). Como se o conhecimento fosse sempre por direcções esperadas, numa visão clássica, na qual é sempre possível chegar a

encontrar resultados definitivos, numa ideia de perfeição e certeza do conhecimento científico.

Investigações empíricas mostraram que os alunos pensam que o conhecimento científico é absoluto e que o objectivo primário dos cientistas é descobrir as leis naturais e as verdades (Wilson 1954), e que os alunos possuem uma representação (crença) de que o conhecimento é uma cópia fiel do mundo.

Na sua imagem tradicional a ciência surge como conhecimento de verdades absolutas e indiscutíveis, os erros devem ser ultrapassados, existem critérios bem determinados de verdade, sendo então a ciência vista como um aglomerado de verdades factuais (Geymonat sd ; Silverman 1992).

Os alunos têm perspectivas tradicionais sobre o que a ciência é. Entendem-na construída numa base de proposições verdadeiras não problemáticas e a investigação científica revelando incontroversas e necessárias verdades absolutas. Rubba (1977), Rubba & Anderson (1978), Honner & Rubba (1978; 1979) caracterizaram a concepção encontrada como "o mito da verdade absoluta".

Os alunos não possuem adequadas concepções sobre a natureza da ciência e o pensamento científico (Lederman 1986; Lederman & O'Malley 1990; Gilbert 1991).

1.3.3. Face Humana e Social da Ciência

Imagens dos Cientistas e papel da comunidade científica

Algum êxtase que acompanha a percepção da descoberta científica conduz a uma imagem do cientista como um herói; e, se existem, as disputas científicas são resolvidas (pela comunidade científica) em vencedores e vencidos (Silverman 1992).

Para Kuhn (1975) a imagem sustentada é a de que a comunidade científica é imune a crenças e possuidora de padrões de verdades inquestionáveis. Existe uma imagem

pacífica da comunidade científica e não são admitidas as acérrimas polémicas que a caracterizam.

A ideia de que as questões científicas têm necessariamente respostas não ambíguas e únicas, de que um pronunciamento científico publicado ou publicável traz o "imprimatur" da comunidade científica inteira, reforça a imagem de que o conhecimento científico é qualquer coisa inatacável e indiscutível (Silverman 1992).

Prevalece uma imagem de não controvérsia científica em torno das descobertas e das publicações, que dá a impressão errada de como os cientistas trabalham.

A perspectiva tradicional é de que os cientistas idealmente elaboram o seu trabalho sem erros ou preconceitos. Objectividade e clareza de espírito são atributos dos cientistas.

Os alunos possuem muitas vezes atitudes negativas em relação à ciência (Wilson 1954; Mead & Metraux 1957), em particular à ciência aprendida na escola, e uma compreensão inadequada sobre a construção da ciência e sobre os cientistas (Klopfer & Cooley 1963).

1.4. Apostas e Propostas de uma Reforma Curricular

1.4.1. Reforma Curricular: as Intenções e o Percurso

A grande necessidade de mudança no Sistema Educativo apontou para uma Reforma Curricular caracterizada como tendo "grande alcance programático e sentido inovador. (...) É um novo espírito, uma nova ambição, uma nova ousadia" (Cunha 1989). As indicações eram de mudança, mas sobretudo de inovação na mudança (Paixão 1993).

Já alguma história pode ser construída à volta das questões daquela que foi a última reforma curricular do século. Talvez estejamos já em situação de compreender e

interpretar alguns dos aspectos que podem ajudar a iluminar evoluções e caminhos que foram, ou não foram, percorridos.

Uma Reforma Educativa, como pretendeu ser a portuguesa, inspirada e vocacionada para um vasto alcance social e cultural, implica uma grande modificação ao nível das atitudes colectivas, já que praticamente toda a população está envolvida (Praia 1995, 24). É ainda Praia (op. cit) que refere que é necessário um maior envolvimento da instituição escolar, introduzindo factores inovadores no seu interior, "imprescindíveis para que a mudança se desenvolva e, assim, possa melhor preparar o futuro, porventura, incerto.". Como aponta a Proposta Global de Reforma (CRSE 1988), "o que a Reforma recusa é o sono ou a inércia". Volvida mais de uma década sobre o seu lançamento, permanece como texto, quiçá numa linguagem a que à maioria dos professores não foram dadas competências profissionais para "ler", e dorme o sono que no seu idílico lançamento recusava e proibia.

Em Portugal, o início da reorganização dos planos curriculares remonta a Novembro de 1986 (CRSE 1986; 1987), imediatamente após a aprovação da Lei de Bases do Sistema Educativo (LBSE) em Outubro de 1986. A Proposta Global de Reforma foi apresentada em 1988 como "Relatório Final". Em Janeiro de 1991 as propostas de Programas estão para "aplicação em regime de experiência pedagógica". O programa de Física e Química para o 3° Ciclo do Ensino Básico, por exemplo, surge na forma definitiva em Maio de 1995.

A face mais visível da Reforma era, sem dúvida, aquela que implicava a reestruturação dos planos curriculares, a generalização dos novos programas, o novo regime de avaliação, a autonomia curricular da escola, o papel dos manuais (Pacheco 1996, 3), convertendo-a e estreitando-a de Reforma Educativa em Reforma Curricular.

Uma das intenções, no lançamento das Reformas Curriculares da década de 80 em muitos países e em Portugal, era a importância da tomada de decisões com base na investigação. Existia um pano de fundo com amplos resultados nos domínios da Didáctica, fazendo convergir aspectos da epistemologia e da psicologia da aprendizagem

(novos modelos de ensino-aprendizagem). As indicações eram, nos textos, de que deveria fundamentar-se na "autoridade das instituições de investigação, recuperando como argumentos as conclusões de estudos prospectivos ou de avaliação da realidade a alterar", como refere M. L. Paixão (1990).

Para Praia (1995, 26), o que aconteceu foi que a deficiência se traduziu pela quase ausência de consulta a especialistas na área da Didáctica e a negligência em considerar trabalhos de investigação já realizados.

Nos textos dos Projectos e da Proposta Global (CRSE 1988), é indubitavelmente apontado que os professores são a trave mestra do êxito possível. Logo no projecto prévio se apontam formas que passam pela capacidade de alterar aspectos de fundo como o contexto educacional, implicando os conteúdos e as metodologias de ensino, a formação e o aperfeiçoamento dos professores (CRSE 1987).

A escola é encarada pela Comissão de Reforma como "o centro do processo educativo" e é aceite a ideia de que, "se não tiver condições e recursos adequados não poderá ser jamais um lugar atraente e motivador de aprendizagem" (CRSE 1987, 10). Ciente da grande quantidade de mudança e da qualidade exigida, o documento aponta que "haverá, ainda, que ter em atenção os meios de que se dispõe e de que se necessita: professores bem preparados para as novas tarefas que lhe irão ser pedidas" (*ibidem*, 29).

O recurso principal de que a escola pode dispor é o professor, com a sua formação profissional. Ele lê as propostas curriculares e, interpretando-as, verte-as na prática da educação integral dos seus alunos. Nessa primeira fase pensava-se que haveria que apetrechar as escolas com esse recurso, em qualidade inquestionável, para garantir o êxito da Reforma Curricular. Tendo-se descuidado a parcela relativa à formação de professores, no entender de especialistas (Nóvoa 1991) e de professores, tal faria prever um primeiro ponto de falha da sua aplicabilidade e uma falta de credibilidade. Tal situação, com frequência, arrasta indiferenças, mais prejudiciais que severas críticas. Cedo "os próprios professores começaram a considerar a "falta de formação" como o factor mais negativo da reforma" (Pacheco 1996, 50). Aliás, essa deficiência tinha sido

detectada, inclusivamente a um nível muito drástico, no "aumento crescente do número de docentes sem qualificação profissional nos ensinos preparatório e secundário" (CRSE 1987, 12). Tal problema foi airosamente resolvido, para a estatística nacional, com "profissionalização em serviço" rápida. Sem sermos cépticos, agudizou-se, talvez, a outra parte do problema, ou seja, a falta de preparação dos professores, mesmo que profissionalizados, para as novas e exigentes tarefas! E "o longo caminho para corrigir carências e deficiências" tornou-se mais comprido e espinhoso. A Comissão da Reforma apostava num percurso a ser percorrido "em simultâneo com o esforço reformista e inovador, de modo a saltar etapas e evitar problemas" (CRSE 1987, 12), ignorando a existência de rios de resultados de investigações apontando para a resistência à mudança e à inovação que caracteriza, de forma acentuada, os professores (por exemplo: Hassenforder 1974; Huberman sd).

Sem pretendermos fazer uma análise sociológica do problema, naturalmente que a escola de massas que, como é sabido, a democratização social e política acarretou numa fase histórica, agravou o problema e aumentou a responsabilidade do estado que não pode defender-se na afirmação de "que é tempo de reconhecer que o processo educativo não é uma atribuição exclusiva da escola ou do estado" (CRSE 1987, 13). Bem se sabe que não, mas a cada um as suas responsabilidades. Administrativamente, a formação dos professores é da responsabilidade do estado. O conhecimento didáctico provém em larga medida dos resultados de investigação. E esse conhecimento didáctico deveria surgir incorporado, explicitamente, nos currículos e nos programas, de cuja responsabilidade de elaboração também o estado não abriu mão.

São os professores que fazem, quando a sua formação lhes permite, a leitura dos programas e os transformam para os seus alunos aprenderem. Mas a séria necessidade de formação dos professores foi tida em conta? Praia (1995) atreve-se a afirmar que os mais graves problemas da Reforma não são, apesar de tudo, "tanto questões curriculares em si, mas sobretudo, uma formação de professores que os ajudasse e permitisse ver os

currículos com "outros olhos" e agarrá-los de outra forma". Se não se teve em conta este aspecto, do ponto de vista prático, como levar então a reforma curricular por diante?

De acordo com o Grupo de Trabalho (GT) da reorganização dos planos curriculares, na primeira fase realizou-se "uma reflexão profunda e alargada sobre o sistema curricular vigente, a que se seguiu a definição do conjunto dos objectivos a que deve obedecer a reorganização dos planos curriculares" (CRSE 1987, 2). Dos estudos sectoriais empreendidos realçam-se a reinterpretação dos objectivos e metas educacionais à luz da LBSE, a identificação da função socializadora da escola num mundo em transformação, a definição de bases para uma nova relação pedagógica e a análise do sentido integrador da aquisição educativa (*ibidem* , 3). Contudo, o Conselho Nacional de Educação (CNE *in* Pacheco 1996, 40) teceu críticas no sentido de que não teve por base "diagnósticos da situação e também não tem metas, com calendários de experimentação precipitado orientada por "pressa política"".

Neste relatório preliminar, o grupo ainda está convicto de que "um projecto desta natureza deverá ser amplamente analisado, pois o êxito da sua implementação dependerá do grau em que cada um desses actores o entender como seu". Aliás, vinha sendo divulgado, e com pertinência, que "quem inova nas escolas são os professores" (Patrício, 1989). O reconhecimento da existência de aspectos controversos conduz à posição da necessidade de abertura de um debate por parte dos actores do processo educativo. Tal debate ficou muito aquém do que teria sido necessário! Referiu também o CNE o carácter apressado da generalização e preparação de professores, longe de corresponder à que os Novos Programas e a inovação curricular exigem" (CNE *in* Pacheco 1996, 40 e 41).

Se se tem como certeza o elevado grau de incerteza do futuro e como constante a mudança, talvez seja certo que "o mais importante que se poderá desejar (ainda) hoje numa reforma educativa é que, com ela, o sistema consiga preparar as gerações futuras para a convivência com a dinâmica da evolução societal, com essa "mudança", fornecendo-lhes os instrumentos para a entender criticamente" (CRSE 1987, 5 e 6).

A tomada de consciência nos pontos de partida parece ser (se não for mera retórica!) abrangente do estado inicial complexo da situação. Foi identificada a necessidade e vocação da escola de "associar às competências cognitivas o desenvolvimento de atitudes e valores essenciais à construção do futuro cidadão, interveniente, solidário e crítico" (*ibidem*, 14). De tudo isto, sem dúvida, qualquer educador esperaria ver transvasados para os planos curriculares e para o nível dos programas tais referentes teóricos e a possibilidade de serem vertidos na prática.

Mas, afinal, como é que isso figura nos programas (e nas práticas?)? Depois, talvez se possa "reinventar a escola numa perspectiva mais ampla de Centro Educativo não isolado do exterior, não distante da vida social, mas orgânica e funcionalmente interactuante com o meio e com os outros centros educativos, e livre, solidária e responsavelmente associada em termos de Territórios Educativos de dimensão variável.". Não é assim difícil entender que, ao nível dos princípios, a Reforma Curricular seja incentivadora da inovação.

É apontado, e é pacífico e desejável que "A adopção de uma nova organização curricular, de novos programas, de novas metodologias de ensino-aprendizagem, constitui naturalmente um elemento de indiscutível importância, se as modificações operadas forem de facto relevantes e o currículo entendido como "um plano de acção" visando objectivos mais amplos." (CRSE 1987, 16). Para as respostas que é necessário dar, os objectivos que o sistema educativo deverá prosseguir, são, no entender de tal comissão:

"(i) A formação de pessoas livres e responsáveis, na sua dimensão social e individual, autores da sua autonomia.

(ii) A aquisição de aptidões básicas que associem os saberes ao saber-fazer, que potenciem uma atitude de educação permanente e facilitem o desempenho de papéis socialmente úteis.

(iii) A formação de cidadãos dotados de capacidade crítica e intervenientes na preservação do meio, do património e dos valores essenciais da identidade nacional e na realização das transformações que propiciem o reencontro dos portugueses consigo próprios." (*ibidem*, 17).

É feita uma análise ao currículo anterior. De entre muitas questões levantadas (*ibidem*, 20 e sg.), registe-se a acusação que é feita, apontando que "os conteúdos programáticos estejam desligados do mundo real dos alunos, acentuando o distanciamento entre a escola e a vida; que a cultura académica tenha sido excessivamente valorizada em detrimento da aquisição de aptidões básicas que promovam e facilitem a transferência e aplicabilidade das aquisições cognitivas a situações novas; nem que tenha sido descurada a necessidade de assegurar uma sólida formação geral de base e minimizadas as suas componentes de formação para a cidadania, designadamente a incorporação de atitudes e valores morais, culturais e cívicos" (*ibidem*, 20).

É o documento da Comissão que aponta que o plano Curricular deve responder às questões fulcrais "o que ensinar, quando, como e com que meios?" e que para se "propor uma nova organização do currículo será pois necessário averiguar da real relevância das matérias a ensinar, determinar a sua ordenação e articulação no tempo e definir a forma de abordar os diferentes assuntos, de modo a atingir os resultados desejados" (*ibidem*, 28).

Nas "condições de exequibilidade" surge a constatação de que "o contexto educacional português é, de facto, ainda preocupante e as condições de trabalho de professores e alunos são precárias." (*ibidem*, 107). Realizar a reforma educativa significa, entre muito, "construir boas escolas, apetrechadas correctamente com meios, espaços e recursos, orçamentos de funcionamento e pessoal de apoio suficientes;

significa privilegiar a preparação de bons professores; (...) significa, por fim, converter as escolas em espaços de liberdade criativa" (*ibidem*, 107,108).

"Reformar o sistema educativo não significa mudar tudo o que está mal, significa sobretudo mudar as atitudes." E como é que se mudam, em termos práticos, as atitudes? Espera-se que cada parte mude a outra, sem começar por nenhuma?

1.4.2. Instrumentos da Reforma - Novos Programas

O Relatório Preliminar (CRSE 1987) refere que a base de trabalho subsequente (às orientações gerais consideradas como definidas) passa pela "definição dos conteúdos das respectivas disciplinas e da sua articulação horizontal e vertical, definição das metodologias de ensino e dos meios a utilizar, tradução nos programas dos princípios defendidos e forma de conseguir que através deles se transmitam conhecimentos, se inculquem ou reforcem valores, se formem personalidades, se preparem cidadãos" (*ibidem*, 102).

Ao nível das intenções refere-se no Documento de apresentação dos Programas para o 3º Ciclo do Ensino Básico que "o aspecto mais inovador dos programas (na totalidade) situa-se no projecto pedagógico global que lhe está subjacente" (Organização Curricular, vol I, 1991, 9). Os programas encontram-se, na óptica do seu lançamento, balizados por objectivos gerais convergindo em "três dimensões educativas essenciais - a formação pessoal nas suas vertentes individual e social, a aquisição de saberes/capacidades fundamentais e a habilitação para o exercício da cidadania responsável -, o projecto contempla uma pedagogia de desenvolvimento integrado, em que a promoção de atitudes e valores assume papel nuclear e em que o domínio de aptidões e capacidades sobreleva e, simultaneamente, condiciona a aquisição de conhecimentos" (*ibidem*, 9). Numa posição optimista, refere que "Se o apelo à

participação do aluno na construção e avaliação das suas aprendizagens, ao incentivo da sua autonomia como sujeito intelectual e moral ou à dinamização das actividades criativas dos indivíduos ou dos grupos não constituem propostas inovadoras face a práticas já correntes em muitas escolas, o mesmo se não pode dizer da explicitação programática destes princípios" (*ibidem*, 9), podendo fazer crer que as práticas de ensino já vão além dos princípios orientadores explicitados nos programas!

Para a óptica da reforma, "tiveram os Programas que revestir nova estrutura organizativa, apresentando-se, não como um corpo mais ou menos estruturado de matérias a assimilar, mas como instrumentos reguladores do processo de ensino-aprendizagem" e "a selecção dos conteúdos e das metodologias é função (...) (dos) objectivos" (*ibidem*, 10).

De acordo com o documento oficial "é forçoso deixar em aberto um vasto campo de possibilidades alternativas de desenvolvimento curricular, a eleger de acordo com as condições concretas do terreno pedagógico e, por outro, de que ninguém melhor do que os próprios agentes do processo educativo estará apto a tomar tais decisões" (*ibidem*, 10). É claro que se "trata (...) de programas centralizados e de âmbito nacional (...), de cunho prescritivo das disposições gerais", mas deixando contudo "uma margem significativa de abertura e flexibilidade" (*ibidem*, 41). Sublinha-se, tal como nos documentos, "que os programas agora publicados constituem, eles próprios, projectos em aberto". Diz ainda o texto oficial que eles foram "objecto de sucessivas revisões, reformulados na estrutura e nos conteúdos a partir da avaliação dos resultados da primeira fase da sua aplicação experimental" e que se prevê "que continuem a recolher, nos próximos anos, novos contributos, provenientes do prolongamento da experiência e do debate público" (*ibidem*, 10).

1.4.3. Programa de Físico - Químicas - Uma Análise Epistemológica

Após a abordagem ao estado da reforma curricular, com a breve caracterização das bases que a lançaram e a análise do seu percurso há muito iniciado, limitamo-nos agora, dado o âmbito particular da investigação que desenvolvemos, à análise do Programa de Físico-Químicas para o 3° Ciclo do Ensino Básico, incidindo sobretudo na Química de 8° ano de escolaridade.

Era de há muito sentida a necessidade de reformular os programas existentes (Cabrita & Costa 1989), considerando-a desde logo como "tarefa árdua e de grande fôlego se for profunda e rigorosa" e logo ali alertando para a necessidade de "um grupo de trabalho criado para este fim, que integre contribuições dispersas e coloque materiais à discussão" (Cabrita & Costa 1989). Apontavam então estes autores como objectivo "perspectivar o sistema educativo para a formação de cidadãos alfabetizados e conscientes de que a ciência é uma componente necessária para a participação activa em sociedades democráticas, nos planos científico, tecnológico e cultural".

A estrutura dos anteriores programas assenta em legislação dos anos 60, com mutilações e alterações variadas, sofrendo cortes e/ou acréscimos ocasionais. O que Cabrita & Costa (1989) criticavam nos programas anteriores era o "ensino demasiado centrado na importância dos conteúdos, e pouco voltados para responder às exigências de transformação social que se adivinhavam no tecido da sociedade democrática portuguesa, o que desmotivava os alunos". Estamos de acordo com estes autores, que hoje, por exemplo, não mais existe Física de um lado e Química do outro. Portanto, ao nível do 3° Ciclo, os domínios físicos e os fundamentos da química, "podem e devem ser estudados sem dicotomia".

De entre algumas sugestões, mais ou menos polémicas na forma de encarar a ciência, um alerta importante era deixado: "enfatizar a importância da ciência natural e

nomeadamente das Ciências Físico-Químicas para o progresso cultural e das sociedades, no passado, no presente e a continuar no futuro, ao mesmo tempo que se propiciam relações de interdisciplinaridade com a Filosofia/Epistemologia".

Também de acordo com o Documento Preliminar (CRSE 1987), as matérias de Física-Química deverão dirigir-se essencialmente àquilo que deverá ser o conhecimento necessário ou importante do futuro cidadão comum, com a escolaridade obrigatória, no final do século XX. "... entender a razão das coisas e o mundo que o rodeia. É recomendável que além das ligações "horizontais" que se devam salientar, aproveitar o ensejo de explorar ligações de "oportunidade", inclusivé com as Ciências Humanas e Sociais" (*ibidem*, 74).

Após uma versão "para aplicação em regime de experiência pedagógica" que continha "O programa de Físico-Químicas (8° e 9° anos)" e a data de Janeiro de 1991, surgiu em Maio de 1995 o definitivo "Programa de Ciências Físico-Químicas". Embora se refira no livro Organização Curricular e Programas (1991) que os vários planos foram "objecto de sucessivas revisões, reformuladas na estrutura e nos conteúdos a partir da sua aplicação experimental", tal documento contém todos os Programas para o 3° Ciclo com excepção do de Ciências Física e Química (Embora o Ministério da Educação aí tenha anunciado: "Físico-Químicas: Programa a publicar em 1992-93 dado que a componente de Física foi sujeita a reformulação", *in* Organização Curricular e Programas vol I, Ensino Básico, Julho 1991. Ministério da Educação. p 6).

Nunca nos chegaram às mãos estudos de avaliação da versão experimental do Programa de FQ. De qualquer modo, entre a versão de ensaio e a definitiva, há a considerar algumas alterações.

Ganharam-se algumas indicações e explicitações pedagógicas, tendo o cuidado de esclarecer que "se trata de exemplos...". Perderam-se, contudo, aspectos fundamentais,

como os esquemas de "articulação global dos conteúdos", contendo "mapa organizador dos conteúdos" (Programa 1991, 13), "mapa organizador da forma" (*ibidem* 15) e "Fluxos de conceitos" (*ibidem*, 17,21), que, por se tratar de esquemas estruturantes, davam ao professor a visão globalizante do programa, estendido pelos dois anos (8° e 9°) e pelas duas componentes da disciplina (Física e Química). Tal noção integradora perdeu-se na versão definitiva.

No caso particular do "mapa organizador da forma", o início pela "observação dos fenómenos", ocupando um lugar cimeiro, inicial e destacado, podia ser indiciador de uma posição epistemológica numa vertente empirista. De qualquer modo, não é garantido que tal posicionamento tenha desaparecido na passagem à versão definitiva.

Da primeira para a segunda forma, igualmente se perderam finalidades formativas, em número e em qualidade. De 17, na preliminar, ficaram apenas cinco. Na proposta inicial surgiam finalidades que encerravam uma forma de entender a ciência nem sempre consonantes: "Desenvolver capacidades de utilização do método indutivo, reconhecendo as suas limitações" ou "Desenvolver capacidades de utilização do método experimental" a par de "Estimular o espírito não dogmático e de rigor, a honestidade e a tolerância que estão na base da evolução da ciência" ou "Tomar consciência da conjugação de esforços e investimentos que têm permitido avançar no conhecimento do universo" (Programa 1991, 9). Finalidades como as últimas apontadas já não encontraram expressão na versão definitiva. Elas eram indicadores (se assumidas de forma consciente) de um diferente entendimento da ciência, com uma base de apoio epistemológica mais actual.

Os objectivos gerais, na versão inicial, surgiam discriminados em "nível de atitudes e capacidades" e "nível de conhecimentos". Diminuíram consideravelmente, vindo a ser desdobrados para um nível específico. De qualquer modo parecem desgarrados, tal como na primeira versão, da "organização do ensino aprendizagem", onde parecem perder-se aqueles que foram introdutoriamente definidos e surgir outros, específicos, com predominância acentuada do domínio do conhecimento cognitivo e que, ali, parecem

deixar transparecer uma organização centrada nos objectivos, desprovida de qualquer enquadramento epistemológico.

"Conscientes de todas as dificuldades existentes no que respeita ao equipamento e espaços nas escolas e às necessidades de formação de professores, os autores do programa pensam, no entanto, que é necessária uma mudança de atitude no ensino da Física e da Química" (Programa 1995, 5). Não é apontada qual a atitude desejável/ requerida! Remete-se igualmente, nesta fase introdutória, para a necessidade de o programa reflectir "uma actualização de acordo com as tendências mais relevantes oriundas da investigação educacional". Não esclarece nem sistematiza quais são essas tendências e que rumo apontam. Surgem em pontos posteriores rápidas referências ao construtivismo (como modelo psicológico e pedagógico). As questões da investigação no campo da epistemologia não são apontadas. Essa parece ser, a nosso ver, uma ausência notória: nunca se explicitam os fundamentos teóricos (epistemologias e implicações nos modelos de ensino-aprendizagem) das opções pedagógicas apresentadas; talvez por esse motivo surjam algumas contradições, a vários níveis.

Aquilo a que os autores do programa chamam "opções" são, ainda, finalidades: "aquisição de informação científica necessária para a compreensão do que acontece em Portugal, na Europa e no mundo (...) e contribuir para que eles desenvolvam as competências necessárias a uma formação global que lhes permita actuarem no futuro como consumidores esclarecidos e cidadãos capazes de se tornarem intervenientes responsáveis na resolução dos problemas do dia-a-dia, pessoais e da comunidade, que envolvam conhecimentos científicos e tecnológicos." (Programa 1995, 6). As três dimensões básicas da disciplina de FQ consideradas são a "relação com os fenómenos do dia-a-dia", a sua "dimensão científica" e a sua "estrutura como saber escolar". De acordo com o texto do Programa, na primeira privilegiam-se as explicações científicas sobre uma série de fenómenos quotidianos e a aquisição de conhecimentos e o desenvolvimento de competências (são apontados temas); na dimensão científica refere-

se que a disciplina deve proporcionar a aquisição de conceitos, leis, teorias e modelos característicos da Física e da Química necessários à compreensão global do universo e privilegiar os processos que lhe são inerentes (são apontados como exemplos a procura de relações causais, a experimentação, a descrição quantificada e explicação de resultados de observações e experiências, etc), deixando ficar uma visão empirista para a imagem da ciência; finalmente, na terceira dimensão, entendida a Física e a Química como uma só disciplina, esta deve abranger os conhecimentos provindos de outras áreas. De qualquer modo não pode, nesta altura da análise, deixar de ser curioso apontar a ausência de regularidade e coerência entre aspectos da Física e da Química, que, aliás, no próprio corpo do Programa apresentado aos professores, se faz questão de separar e dividir. Note-se até, a título de curiosidade, que na secção "Organização do Ensino Aprendizagem", enquanto a proposta da Física é a de partir de objectivos para conteúdos e sugestões metodológicas (*ibidem*, 36 e seg), a opção para a Química é partir dos conteúdos para os objectivos e sugestões metodológicas (*ibidem*, 50 e seg).

Aspectos relacionados com posicionamentos epistemológicos não são apontados. Faltam referências explícitas (ou até mesmo implícitas) à importância de aspectos relacionados com a natureza da ciência, com a natureza do conhecimento científico e com a sua construção dinâmica, com aspectos de interdependência sociedade e ciência, etc., que dão a esta, realmente, a dimensão de saber humanizado e que são imprescindíveis para a sua compreensão.

Ainda em relação às finalidades apresentadas, apenas figura "Contribuir para a reflexão sobre a inter-relação Ciência, Tecnologia e Sociedade e para o reconhecimento da Física e da Química como ramos do conhecimento em desenvolvimento permanente e inacabado", em que aflora um posicionamento epistemológico valorizador de aspectos sociais da Ciência e do entendimento da sua forma não estática, podendo pensar-se que já não se entende esta apenas como um conjunto de conhecimentos definidos e definitivos.

Realça-se o processo. Mostra-o a existência de objectivos relacionados com a ciência enquanto processo: "Adquirir procedimentos e métodos inerentes à forma como a Física e a Química analisam e estudam os fenómenos e situações"; "Adquirir saberes e práticas ... "; "Adquirir competências e práticas de recolha, selecção, interpretação, organização e apresentação da informação... ". Simultaneamente, ao nível dos objectivos gerais, é valorizado o "conhecer e analisar criticamente implicações da Ciência e da Tecnologia na Sociedade actual". O que se poderia comentar é que, embora podendo ser adequados os objectivos gerais, se nota a ausência de uma fundamentação /sustentação epistemológica, como tem vindo a ser referido, que conduzisse ao aparecimento de objectivos gerais dirigidos para a importância da compreensão da natureza da Ciência e do conhecimento científico, para a compreensão da natureza do trabalho científico, a importância da controvérsia no estabelecimento das teorias e ideias científicas, que realçasse a importância da construção de imagens sobre a ciência e a natureza do conhecimento científico epistemologicamente fundamentadas nas filosofias contemporâneas da ciência. Refira-se, de forma particular, que no último objectivo indicado se considera a implicação da Ciência e da Tecnologia na Sociedade actual mas não o sentido da implicação da Sociedade e/ou da Teconologia na Ciência.

Relativamente aos conteúdos da Química, o programa refere "a preocupação de corresponder, no plano científico, embora a nível elementar, a questões centrais despoletadas por assuntos da actualidade ou relacionadas com a vida quotidiana e o mundo em que estamos inseridos (...) tendo em vista a formação de cidadãos cientificamente cultos" (Programa 1995, 13).

É apontado explicitamente que "a componente experimental não dissociável da componente teórica, é uma constante do programa", indiciando, por aqui, eventualmente em contradição com outras situações, uma postura de valorização da teoria como suporte da experiência e jamais concebendo esta, como sustentado em anteriores programas oficiais, "mãe de todas as coisas" (*ibidem*, 14).

A área "Processos de trabalho científico", de acordo com as recomendações do programa, e decorrente da proposta da componente experimental não dissociável da teórica, deverá acompanhar as várias situações de ensino aprendizagem e ser objecto de avaliação. Ao esclarecer as intenções de tal área (*ibidem*, 14), podem parecer vir ao de cima orientações empiristas para o trabalho científico, valorizando a observação como ponto de partida e a experiência como fonte de conhecimento. "Neste âmbito, os alunos devem aprender a fazer observações cuidadosas tendo em conta o propósito em vista (...)" e também "é indispensável que os alunos aprendam a tirar partido dos dados experimentais (...)" (*ibidem*, 14). Com orientação epistemológica, este aspecto poderia ter uma leitura em concordância com posições contemporâneas da Filosofia das ciências; no contexto do Programa é resvaladiça a intenção que encerra.

Indicam os autores do programa, reforçando a nossa ideia de que, algumas vezes, parece ser defendida uma posição empirista da visão da ciência, que "uma boa estratégia consiste em começar por tratar assuntos novos, sempre que possível, a partir de observações directas e pessoais", entrando em contradição com o posicionamento de "abordagem problematizadora" de um ponto de vista epistemologicamente fundamentado (*ibidem*, 23).

O Programa toma uma posição relativamente à forma de encarar o Trabalho Experimental (TE): "as actividades experimentais/práticas não deverão ser encaradas como uma extensão da teoria, nem tão pouco, como precursoras dela, pelo que não se propõe uma divisão artificial entre aulas teóricas e aulas práticas. Todas as aulas deverão ser encaradas como potencialmente de natureza teórica e prática" (*ibidem*, 24). É explícito que "as actividades experimentais constituem uma componente fundamental no ensino da Física e da Química", permitindo que "os alunos realizem, eles próprios, uma enorme variedade de experiências, registando as suas observações, explicando e aprofundando os resultados, procurando tirar conclusões com base nos conhecimentos teóricos já adquiridos", constituindo "situações de desafio para os alunos" (*ibidem*, 25), parecendo registar-se, aqui, um posicionamento de pendor mais racionalista.

Na perspectiva apresentada para o Trabalho Prático refere-se que é importante que os alunos apresentem um relatório escrito e oral, referindo, também, "análise das dificuldades, os erros de construção, etc." (*ibidem*, 27), embora, na ausência de indicações explícitas, aspectos como a importância atribuída à exploração do erro, por exemplo, possam passar despercebidas quanto ao seu valor epistemológico.

Não aponta possibilidades de os alunos proporem planeamento de actividades experimentais, mas antes verificações, ilustrações de carácter confirmatório.

Podemos pensar que o relatório é valorizado e não se afasta das recomendações de Hodson (1992), autor que é referido, aliás, na Bibliografia geral apresentada no final do Documento do Programa, de forma variável, mas contendo objectivos de trabalho, registo de resultados (sob formas diversas), notas, esquemas de montagem e conclusões. No caso de investigações ou resolução de problemas abertos, deve figurar o estabelecimento do problema ou hipóteses de previsão antes do planeamento e resolução prática, eventual reformulação do problema inicial ou levantamento de novos problemas (Programa 1995, 28). A um olhar epistemologicamente atento, afigura-se que aspectos como estes são bons presságios de mudanças preconizadas. Faltariam, como sobejamente fazemos ressaltar, orientações epistemológicas muito mais explícitas a sustentar a leitura do texto programático e sobretudo coerência com as propostas para a "organização do ensino aprendizagem", que é onde parece faltar mais articulação com princípios teóricos. Nada é referido que possa ajudar o professor a orientar e enquadrar epistemologicamente o processo de ensino/aprendizagem na perspectiva de Trabalho Científico.

Na apresentação das unidades temáticas da Química para o 8º ano, os assuntos são apresentados de forma simplista e reducionista. Vejamos, a propósito da Unidade temática 2: "Substâncias Químicas: o que são e o que se faz com elas":

"Estudada a separação de umas substâncias das outras, reconhece-se agora que uma substância pode originar outras por acção do calor, da corrente eléctrica, da acção

mecânica e da luz. Reconhece-se ainda a possibilidade de realizar transformações químicas por simples junção de duas substâncias.

Depois de recordar, através da experiência, que a matéria é constituída por corpúsculos (...)

Nesta unidade temática, inicia-se também o estudo das reacções químicas, começando por reconhecer a conservação da massa, interpretada em termos de conservação do número de átomos; justifica-se assim o acertar de equações, ilustrado em vários exemplos simples (...)." (*ibidem*, 17).

Parecendo esquecer eventuais orientações e opções anteriores, o conhecimento aparece completo e definitivo, sem necessidade de referência às condições da sua descoberta, a experiência comandando as decisões, e o que há a reter será, tão simplesmente, uma colecção de factos, modelos e procedimentos, encerrando, talvez, um entendimento da aprendizagem como memorização e a aquisição de técnicas, esquecendo, de todo, qualquer orientação construtivista e qualquer referente epistemológico.

Na Unidade temática 3: "Transformações químicas e o mundo à nossa volta" parece não se sequenciar perfeitamente com a anterior! É tão só o início do "estudo das reacções químicas em relação com o meio que nos rodeia" parecendo uma orientação para uma abordagem demasiado pragmática (*ibidem*, 17) em desarticulação com objectivos gerais anteriormente formulados.

Parece existir igualmente alguma falta de articulação entre os assuntos: já na unidade temática 2 se tinha feito referência, por exemplo, às combustões, especificamente indicando "Reacções como fontes de calor", em que um dos objectivos é definido como "reconhecer as combustões como fontes de energia" (ibidem, 57) e, por conseguinte, estreitamente relacionado com "o mundo à nossa volta".

No que diz respeito às orientações metodológicas (*ibidem*, ponto 5.; 19 e sg), na gestão do programa, para a componente da Física, é explicitado que "cada área temática deverá ser desenvolvida à volta de uma questão central" e que é "a procura de resposta

a essa questão central que definirá os conhecimentos científicos a ter em conta e que configurará o percurso" (*ibidem*, 19), podendo antever o convite ao desenvolvimento de percursos de investigação que nas sugestões metodológicas da parte "organização do ensino-aprendizagem" não encontramos tão explicitamente. Já para a Química se refere que as unidades temáticas "vão desenvolver-se segundo uma organização sequencial de matérias", admitindo que "podem ser despoletadas por questões da actualidade, do quotidiano ou simplesmente excitantes por si mesmas", entendendo que "este processo, problematizador à partida, deverá desenrolar-se numa procura e exploração permanentes, alimentando e, por isso, incrementando a curiosidade e suscitando a interrogação constante. Deste e doutros modos se ajuda a formar um cidadão cientificamente culto" (*ibidem*, 20).

O ensino temático que é apontado para a Física "é visto como uma área de resolução de problemas" e introduz, como aí se refere, "uma considerável flexibilidade no programa" (*ibidem*, 21).

O programa deixa margem de liberdade criativa ao professor, em consonância com indicações mais latas das orientações curriculares gerais (por exemplo no Documento Organização Curricular 3º Ciclo EB): "Caberá a cada professor escolher as situações que considera mais relevantes (...) tendo em conta os interesses e as ideias prévias dos alunos, pois os métodos de ensino são da exclusiva responsabilidade de cada professor" (Programa 1995, 24), ou, mais à frente, na mesma página, refere que cada professor deve proceder ao ajustamento e enquadramento dos conceitos quando surjam em situações diferentes. Ainda é apontado que as "sugestões de actividades devem ser entendidas como tal. Indicam-se apenas a título de exemplo" (*ibidem*, 37).

No que diz respeito à participação dos alunos (*ibidem*, ponto 5.6; 24, 25), e pensando com base no modelo construtivista, "torna-se fundamental incentivar os alunos a participarem na organização e gestão das várias actividades de aprendizagem" e é extremamente importante que se proporcione "uma visão global da disciplina, referir a sua importância no dia-a-dia e as suas aplicações, e ainda elucidar os métodos de

trabalho que irão ser utilizados". Fica como sugestão que poderá ser importante para os alunos "mostrar-lhes como trabalhar em geral num laboratório, como planear e desenvolver uma investigação, como recolher e registar observações, como fazer uma pesquisa bibliográfica, como utilizar um manual (...)" (*ibidem*, 24).

Incentivam-se as discussões de grupo, para confronto de ideias e reconstrução do conhecimento de forma significativa.

O programa é pródigo em apresentar objectivos que se relacionam com "o fazer", pelo que seria conveniente estar melhor explicitada a base epistemológica do trabalho científico, a fim de lhes dar sentido.

O papel do professor é entendido como "sobretudo de consultor, ajudando os alunos na resolução de problemas imprevistos e no fornecimento de materiais" (*ibidem*, 27)

São diversificados os materiais de ensino sugeridos pelo programa.

A avaliação é apresentada como "um processo intrinsecamente ligado às actividades de ensino/aprendizagem e, consequentemente, só tem sentido se referenciada a essas mesmas actividades", tendo sempre presente os conhecimentos, as competências e as atitudes discriminados nos objectivos gerais da disciplina, informando os alunos dos parâmetros e critérios (*ibidem*, 31).

Não parece haver dúvida de que o Programa é, do ponto de vista pedagógico, no que diz respeito às orientações introdutórias, mais rico e diversificado. Vejam-se aspectos, já apontados, sobre gestão do tempo, participação dos alunos, trabalho experimental, formas de comunicação, escolha e utilização de materiais de ensino, fornecendo algumas pistas metodológicas (pedagógicas). É nestes pontos que algumas vezes são referidos aspectos actuais da compreensão da aprendizagem dos alunos. Remete para a obtenção e consulta de revistas científicas, sugerindo mesmo títulos editoriais conceituados. Falta o enquadramento epistemológico, referido por muitos

autores como imprescindível para a construção, pelos alunos, de imagens da ciência coerentes, que contribuam para uma compreensão mais elevada.

O Programa surge sem fundamentação adequada ou não é explícita para orientar os professores, iniciando-os na temática investigativa e na condução dos seus alunos numa perspectiva de trabalho científico.

Não aponta, por exemplo, quais os pressupostos educativos, explicitando um modelo de ensino-aprendizagem orientador de uma leitura do currículo. Fala de generalidades, repetidas aqui e ali, no corpo do Documento, que na maior parte das vezes, por, de discursos repetitivos se tratar, os professores não lêem.

Remete talvez para uma planificação muito esquemática e linear, onde não se abdica de considerar todos os passos que os manuais de planificação explicitamente preconizam. Esta forma conduz, inevitavelmente, a parcelamentos e detalhes, sem fazer sobressair o mais central do acessório e dando ao conhecimento científico um carácter simplistamente cumulativo.

Perdem-se de vista as grandes finalidades, as linhas mestras que conduziram à selecção daquela sequência e que conduzem a uma avaliação que perpetua a forma dos dois exercícios (famosos testes ou fichas de avaliação, mudando o nome mas mantendo a forma, a essência, a intenção e o uso que dela é feito), centrada no domínio cognitivo, e esquecendo a ciência como percurso de uma actividade humana em que o domínio psico-motor e socializante (englobando as atitudes, valores, capacidades de expressão, criatividade)... deveria sair reforçado na escolaridade básica, revendo os objectivos que largamente têm sido enumerados para este nível de escolaridade básica.

Não há objectivos ligados à concepção do trabalho científico, nem à compreensão/desenvolvimento de imagens sobre a natureza da ciência, a compreensão da ciência como tarefa/função eminentemente social, com um passado que não pode ser menosprezado pelo contributo que traz para a compreensão da construção do conhecimento científico e das atitudes com a ciência e perante a ciência. Igualmente não

há objectivos dirigidos à compreensão das posições de controvérsia que fizeram a História da Ciência sempre ligada à história da humanidade.

As actividades propostas carecem de significado epistemológico, parecendo tarefas rotineiras do tipo "para cumprir o programa".

É que também os objectivos não encontram, por vezes, expressão nas actividades propostas... Outras vezes eles próprios são enunciados como actividades "Desenvolver uma visão cinético-corpuscular da matéria./ Realizar experiências que sugiram que a matéria é constituída por corpúsculos em incessante movimento./... " (*ibidem*, 54). "Realizar, observando normas de segurança, a decomposição de algumas substâncias por acção do calor. (...)/ Realizar a decomposição da água em oxigénio e hidrogénio por acção da electricidade - electrólise." (*ibidem*, 53). As sugestões metodológicas, nomeadamente no que respeita à Química, parecem antes "conselhos úteis" que constariam, eventualmente, de um "manual para professor", e não são sugestões (como é dito!) de estratégias interessantes, tendo como pano de fundo as finalidades e os objectivos gerais inicialmente enunciados. Aliás, na coluna dos "Objectivos", aparecem sugestões de actividades

Indiciando o posicionamento indutivista e empirista, atente-se, por exemplo, aquando do estudo da constituição das substâncias-natureza corpuscular da matéria, no seguinte "objectivo": Realizar experiências que sugiram que a matéria é constituída por corpúsculos em incessante movimento" (*ibidem*, 54). Onde está o reconhecimento da importância do corpo teórico e conceptual? Onde está o reconhecimento da importância das representações dos alunos?

Outras situações são reveladoras da posição tradicional do professor "informador", em lugar de previsões que os alunos podem fazer, de controlo de variáveis, de projectos e percursos de investigação. Veja-se a sugestão metodológica para o conteúdo "Investigando acerca das colisões entre as moléculas": "o professor deverá alertar o aluno para a necessidade de manter constantes todas as condições que podem afectar a

experiência com excepção da que se pretende investigar" (*ibidem*, 57) (o termo investigar é aqui forçado).

As propostas sobre o trabalho experimental fazem adivinhar um posicionamento empirista e instrumentalista, valorizando a observação e a experiência, contribuindo para o reforço de uma ciência que colecciona factos. A observação é apontada como início e ponto de partida da investigação e da descoberta. Veja-se, por exemplo, relativamente a um ponto que pode permitir uma abordagem com recurso à HC, ressaltando aspectos de controvérsia histórica que ajudam a compreender um período intenso da actividade da ciência química, como o foi, por exemplo, a questão do estabelecimento da lei da conservação da massa por Lavoisier, em que o confronto teórico é fundamental, a proposta que o programa sugere, no trilho instrumentalista que o caracteriza: "verificar através de experiências (do particular para a generalização?) que nas reacções químicas não há variação de massa." (*ibidem*, 56). Não se refere o nome de Lavoisier (ou de qualquer outro químico), apresentando uma ciência sem rostos, traduzindo, de forma fiel, a realidade!

Nota-se a ausência praticamente total de qualquer referência à importância da História da Ciência, no ensino da Ciência. No dizer de Bronowski (1983) "os grandes acontecimentos históricos têm de ser a base de tudo o que se diga sobre ciência", tal como se devem considerar as ideias da ciência no enquadramento social do seu tempo. Nenhuma indicação, no Programa integral, é dada sobre a utilização da História da Ciência no ensino das ciências, que indubitavelmente se poderá tornar num poderoso recurso, quando usado numa dimensão fundamentada, acentuando a compreensão das condições de produção do conhecimento científico.

Reportando-nos tão só à Química de 8º ano, relativamente a conteúdos como "A Química e as solicitações do Homem e da Sociedade", "Como transformar umas substâncias noutras", "Como são constituídas as substâncias", "Conservação de massa", não poderá nunca ser compreendido o alcance da sua importância para a construção da

Química como ciência sem a referência histórica das lutas de ideias e das controvérsias que despertaram. Nem uma só referência a tal aspecto!

A única situação em que se encontra referência a aspectos históricos é relativamente "à linguagem química (...) para as designações e símbolos de alguns átomos", com o objectivo: "referir que há razões históricas para a convenção universal dos símbolos químicos" (*ibidem*, 56).

Não se dá valor à génese dos conceitos e do conhecimento, ao contexto da descoberta que acarreta sentido à versão científica actual. Faz-se trazer a ideia de que a ciência cria conhecimentos verdadeiros e válidos eternamente em si mesmos, que a ciência tem uma estrutura invariante, rígida na forma e no percurso, de que a disciplina de Física e Química seriam o espelho mais fiel. Esta é a forma de propagação da imagem de ciência passada para os cidadãos, que, com ela convivendo, não admitem nem valorizam essa convivência. Tal acarreta igualmente ausência de contextualização cultural.

Não se explicitando a teoria de aprendizagem subjacente às propostas programáticas, tal pode implicar uma prática pedagógica de senso comum em que também é a experiência e a observação, repetida nos anos de trabalho, que faz a regra.

Na sequência da análise, em definitivo, sobre a "organização do ensino-aprendizagem", esmorecem aspectos antes enunciados sobre a avaliação. E o que é que parece valorizar-se? Talvez a acumulação de conhecimentos não controversos, de nomes, factos, leis, aplicados em cálculos algorítmicos...

Afinal, parece valorizar-se a pedagogia tradicional, desprovida da fundamentação que levaria, agora, a reforma curricular a ser reforma educativa.

Para quem é feito o programa? Para os alunos, pela leitura que o professor lhes faz dele construindo-o em prática pedagógica. Ele é para o professor "guiar" a sua acção prática. Tendo a CRSE partido da constatação de que a formação dos docentes nem sempre é a mais adequada e actualizada, então o texto do Programa deveria/poderia conter indicação de resultados (em síntese, naturalmente) de investigação didáctica, que

permitisse assumir as posições que o programa viesse a desenvolver. Sendo assim, ao especialista, ele aparece vazio/desprovido de sentido orientador, oscilando entre parecer ter, e não ter, em conta investigações, cujos resultados se destinam, naturalmente, a quem percorre o dia-a-dia profissional com os alunos e com o saber, na situação didáctica. Ao professor, ele não traz indicações seguras e fundamentadas que lhe permitam ficar desperto para a necessidade de mais e melhor formação e confronto das suas práticas com as suas próprias ideias e saberes.

Nalguma obnoxidade das afirmações e contradições, ficamos sem saber se a posição predominante é realmente a indutivista/empirista, como somos tentados a pensar, ou se o que se reflecte é alguma ausência de posição epistemológica. A própria palavra epistemologia nunca é referida!

E, para que tudo não fique na mesma, entendendo-a numa nova perspectiva, a Reforma pode ser feita se os professores e os formadores de professores e os investigadores quiserem tomá-la à sua responsabilidade e, em conjunto, se prepararem para este entendimento dinâmico da ciência, que permite ler um programa (velho) com óculos novos que corrigem miopias antigas, e enveredarem por um caminho de propostas de práticas de ensino fundamentadas.

1.4.4. Leitura do Programa por Professores de Física e Química - um Contributo para Fundamentar a Problemática da Investigação

Embora a investigação genérica sobre formação de professores aponte para dificuldades de várias ordens que permitem fundamentar a problemática deste estudo, não há propriamente qualquer investigação sobre a leitura que os professores fazem dos programas de Física e Química. Assim, e na sequência da análise feita ao Programa Oficial da Reforma Curricular e com a intenção de enriquecer a fundamentação das fases

seguintes deste Estudo com um melhor conhecimento da realidade educacional de partida, organizou-se um pré-estudo com base num Questionário aberto (Capítulo 3), para analisar leituras que professores de Física e Química fazem do texto do Programa Oficial da sua disciplina, em particular no que respeita à dimensão epistemológica. A hipótese de partida era de que os professores apresentam dificuldades de leitura dos textos do Programa Oficial da RC ou que nem têm o hábito de o ler, que a sua leitura se orienta por um posicionamento principalmente de natureza pedagógica e que as suas imagens de ciência não são congruentes com um Quadro de Ciência pospositivista representado pela NFC. O Questionário foi passado com os seguintes objectivos específicos: Averiguar até que ponto foi feita/proporcionada aos professores formação para o ensino com os Novos Programas; Analisar posicionamentos epistemológicos dos professores de FQ na leitura dos Programas; Identificar e analisar as dificuldades de leitura dos Programas no que respeita à dimensão epistemológica e, em particular, cruzar tais elementos com a análise das práticas de ensino dos professores colaboradores deste estudo.

Referem-se aqui, somente, aspectos gerais retirados das conclusões deste pré-estudo, visando apoiar a fundamentação da problemática desta investigação. Assim, os comentários que os professores fazem às afirmações apresentadas não são, na maior parte das respostas, inseridos no Programa, como se pedia explicitamente que o fossem. Os professores limitam-se a apresentar a sua própria opinião sobre as afirmações apresentadas, de forma isolada e não fundamentada. Tal parece ser revelador de falta de hábito de leitura do programa, como contendo mais do que um rol de conteúdos. A grande preocupação dos professores parece centrar-se no conhecimento científico das novas áreas temáticas introduzidas.

Os comentários às afirmações apresentadas são essencialmente feitos numa vertente predominantemente pedagógica e de funcionalidade, predomina uma visão instrumental do ensino.

Independentemente da posição epistemológica que as respostas veiculam, não coerentes ao longo do Questionário e não assumidas, pode, principalmente, concluir-se por dificuldades de "ler" o Programa.

As dificuldades por nós identificadas situam-se ao nível de uma dificuldade de leitura epistemologicamente sustentada e são manifestas as preocupações de natureza principalmente pedagógica, insuficientes para conferir às práticas de ensino a dimensão necessária para passar para os alunos imagens desejáveis sobre a Ciência e o conhecimento científico.

Os professores tiveram pouca ou ineficaz formação com vista a uma adequada preparação para o ensino com os novos programas. Uma vez mais se corrobora a ideia de que o Ministério da Educação teve pouca atenção à formação dos professores para garantir o êxito da Reforma Curricular.

Em síntese, aponta-se para a necessidade de valorização de outra dinâmica na relação investigação - currículo - prática - formação.

1.5. Ascensão e Declínio de uma Reforma e a Formação de Professores para a Mudança

1.5.1. Desencantos Inevitáveis

Não faltaram retóricas reformistas no início dos anos 90. Podemos mesmo afirmar que a última década do século, talvez pelo fascínio que as novas vagas de mudanças em diversas frentes provocaram, constituiu uma (re)afirmação de princípios e de orientações para a educação, o ensino e a aprendizagem, nunca antes igualada. Dispomos incontestavelmente de um amplo leque de princípios educacionais e organizacionais, e a investigação produziu resultados principalmente ao nível de representações de alunos, de professores, de aulas, de formação, de escola... Distinguiram-se, sem dúvida, (de novo?)

os filósofos, sociólogos e psicólogos da educação. Apesar de avanços da investigação em Didáctica, projectos no âmbito da prática de ensino em quadros de Investigação-Acção tiveram pequena expressão, embora largamente recomendados.

No ano de 1990 Ferreira Patrício (1990) propalava algumas condições básicas da reforma lançada: "Fica esboçado um quadro do tremendo desafio que representa, hoje já e sobretudo no futuro imediato, a reforma do sistema educativo português. Não vale a pena tecer comentários sobre o que é exigido de cada um de nós" (*op. cit.*, 22), e explicita a escola como o "problema nuclear da Reforma Educativa" (*op. cit.*, 61). Exige a escola cultural, "aquela que integra a diversidade das formas da cultura humana no programa educativo escolar" (*op. cit.*, 85).

Para Patrício "Há razões para crer que a escola pluridimensional/cultural pode vir a implantar-se entre nós como a escola do futuro" (op. cit., 90), mas concorda que "precisa de reforma urgente" (op. cit., 94) e alerta que "não deve cometer-se o erro de supor que a dimensão cultural da escola envolve qualquer minimização da sua dimensão curricular ou lectiva. A exigência da qualidade põe-se desde logo à escola curricular" (op. cit., 101).

Assim sendo, tece o retrato do "professor cultural", diríamos que coincidente com aquele que é retratado nos Documentos de intenção da Reforma. Avançando, desde logo, que "o professor cultural deve ser objecto de uma formação especial", uma vez que "tem de ser de alta qualidade" (*op. cit.*, 104).

E reconhecendo embora que "o sistema educativo português tem vindo a atravessar uma crise grave" e que "nessa crise tem avultado o problema da qualidade dos docentes" aponta para uma "dinâmica reformadora" que "todos esperamos que se cumpra inteiramente" (*op. cit.*, 140).

Ao nível dos princípios, é recusado o professor como mero técnico de ensino, como transmissor do saber e do saber fazer constituídos. Como escreve o autor que temos vindo a citar: "Esse professor é demasiado perigoso para a plena humanidade do homem". E diz mais: "Venha a nós o professor científico, prático, técnico, artífice,

artista, tecnólogo; mas dentro do professor-homem-de-pensamento, mas subsumido pelo professor cultural" (*op. cit.*, 149). Ao falar do "professor de ciências" questiona:

> Como pode ele ser um agente cultural, um animador da vida do espírito, um indutor da actividade pensante? Não basta que seja o transmissor, ainda que científica e didacticamente qualificado, de conhecimentos científicos feitos, de resultados da actividade científica. É preciso que seja, para além disso, o indutor da atitude e da prática problemáticas. A prática da problemática conduz da ciência à meta-ciência, ou seja, à reflexão global, sintética, sobre a própria ciência - sua natureza, métodos e fins -, sobre o tipo, o valor e os limites do conhecimento científico, sobre o significado e importância da ciência para o homem. (*op. cit.* 149).

Mas, o que foi, entretanto, efectivamente feito?

Só os primeiros anos foram optimistas. Fizeram-se as primeiras avaliações de uma reforma que se começou a suspeitar que não estava a ser feita! Em estudos recentes sobre "O impacto da Reforma Curricular no Pensamento e na Acção do Professor" (Pacheco 1996), as conclusões são dramáticas, embora fatalisticamente esperadas: "Pode concluir-se que, apesar da reforma, as práticas curriculares não se alteraram muito... a mudança ainda é esperada" (Pacheco 1996, 91), e a interpretação que é avançada vai de encontro a que a formação de professores "deveria ter sido o ponto alto da reforma, com formadores qualificados, e não a expressão de um programa criado para satisfazer exigências administrativas e calar a voz daqueles que se "assustavam" com os desafios da mudança" (*op. cit.*, 107).

Muitas vozes se tinham erguido a reforçar a necessidade de uma adequada formação de professores no sentido de formar 'bons' professores, mas talvez um pouco à imagem da "fé na formação" e da "fé no discurso reformista" de que fala Perrenoud (1993).

Para Canário (1994), "A decepção está à medida das expectativas". Com frequência "a formação é adjectivada de "curta, inadequada, inadaptada, insuficiente, antiquada", mas ocultam-se os limites das práticas de formação. Refere Hutmacher (1992 *in* Canário 1994):

> Ouve-se dizer que é preciso renovar a formação de professores; mas nos lugares em que ela se deu, segundo a opinião dos próprios interessados, parece não se ter verificado os resultados esperados. É evidente a necessidade da formação (...), mas nas suas modalidades actuais ela parece incapaz de assegurar por si só as mudanças qualitativas esperadas.

Começou cedo a insistente acusação de que o problema da formação de professores fora resolvido apenas administrativamente (Patrício 1993; Amiguinho & Canário 1994; Oliveira 1996). Tal resolução administrativa, no que diz respeito principalmente à profissionalização em serviço, já em linhas anteriores considerámos que agudizou, antes, o problema. Neste momento a maior parte dos professores está no sistema. Aumentou consideravelmente o número, eventualmente sem a qualidade profissional que a Reforma Curricular preconizava para o seu êxito.

1.5.2. Necessidade de Formação Contínua Renovada

É pacífico que a formação inicial representa uma primeira etapa na formação de professores que, por aspectos diversos, conduz a considerar-se necessariamente inacabada e a exigir um acompanhamento do professor ao longo da sua vida profissional. Tanto mais que os saberes científico e pedagógico têm hoje uma duração efémera e é necessário alargar e diversificar o saber inicial adquirido. Ou "o professor renova permanentemente o seu saber, ou este envelhece a um ritmo vertiginoso" (Patrício 1993). Torna-se imprescindível encarar a formação contínua como simplesmente indispensável.

A Formação Contínua (FC) de professores é apontada pela LBSE como um direito no sentido de complemento e actualização da formação inicial numa perspectiva de educação permanente, possibilitando, além disso, a mobilidade e progressão na carreira.

Tardiamente regulamentada (Lei 60/93) mas amplamente financiada, a FC passou imediatamente a ocupar um lugar de crítica onde o sentimento de ineficácia rapidamente alastrou. Não é por falta de quantidade de oferta mas, aparentemente, por desadequação qualitativa dos processos. "Encarado como um processo cumulativo e linear, a formação de professores tende a assumir, de forma dominante, um modo fortemente escolarizado, em que um somatório de acções de reciclagem são oferecidas, a um público abstracto, através de um catálogo" (Canário 1994).

Como apontam J. P. Ponte (1991) e J. Formosinho (1991), a FC de professores não pode ser equacionada no abstracto. Não faz sentido falar na formação pela formação, como se ela fosse um fim em si mesma. Tem que ter como referencial uma concepção de escola de qualidade, que distinga claramente entre a escola que se tem e a escola que se pretende.

Parece ser generalizada a ideia de que a formação contínua tem produzido resultados pouco evidentes no que respeita à mudança das práticas educativas dos professores. A avaliação positiva que alguns professores manifestam relativamente a experiências de formação contínua, raramente resultam do reconhecimento dos seus efeitos nas práticas quotidianas, como revelam os resultados de um questionário aplicado por Oliveira (1996).

Privilegiando modos normativos e transmissivos em que os destinatários da formação são encarados como objectos a transformar, a quem se transmite um conjunto de informações e competências, em doses sequenciadas, tal formação mergulha ainda num paradigma de raiz positivista.

A afirmação do professor como sujeito e ponto de referência central da globalidade e continuidade do processo de formação ganha consistência e legitimidade, e a ruptura com o modo de pensar instituído remete para uma concepção do professor como "profissional reflexivo" em que o processo de compreensão e aperfeiçoamento do seu trabalho tem, como ponto de partida, a reflexão sobre a sua própria experiência (Zeichner 1993).

Já em 1991 algumas das conclusões do Congresso sobre Formação Contínua apontavam no sentido da sua valorização, mas pela exigência, para atingir a mudança preconizada para a reforma. Em traços largos:

- A reforma tem de alterar as práticas da sala de aula e a qualidade da educação oferecida, implicando, desse modo, a formação contínua de professores.

- A FC deve fazer parte da vivência habitual dos professores e não deve consistir (apenas) num conjunto de cursos creditados oferecidos por catálogo.

- A FC deve ter como ponto de partida a situação e experiência dos professores e estes devem ter uma participação activa na elaboração, realização e avaliação dos planos de formação.

- Os programas de formação contínua devem ser avaliados em termos de processo e de efeitos.

No Congresso intitulado "Linhas de Rumo na Formação de Professores" (Universidade de Aveiro 1993) há uma nítida valorização das pesquisas qualitativas para uma perspectiva de desmassificação através da formação contínua e a defesa do "paradigma cultural" e da "perspectiva vital", colocando os imperativos da FC na ética e numa teoria de vida (Lages 1993).

A mudança das práticas educativas do professor e, consequentemente, a melhoria do ensino nas suas diversas vertentes é, com certeza, um dos objectivos primordiais da sua formação contínua. Este pressuposto leva-nos a considerar fundamental e urgente alterar a forma como tem vindo a ser feita a formação (Travassos 1991) e, em particular, a desenvolver investigação que procure identificar, caracterizar e avaliar diferentes modalidades e estratégias de formação contínua e verificar em que medida esta contribui para as mudanças dos professores, da acção educativa e da escola (Oliveira 1996, 16).

A investigação desejável sobre as práticas e numa perspectiva de Investigação-Acção (IA) tem que incidir no estudo de duas vertentes do projecto de intervenção: a dos produtos e a dos processos (Oliveira 1996, 26). A mesma perspectiva de I-A para o desenvolvimento de "novas práticas" é defendida por Canário (1991), Veiga (1991) e outros.

Só com os professores como protagonistas, de forma a valorizar as suas capacidades para avaliar, desenvolver e aplicar novas ideias activamente, se evitarão resistências à implementação passiva das ideias alheias (Day 1990, *in* Amiguinho e Canário 1994).

O processo formativo adquire os contornos de um processo de desenvolvimento individual, de construção da pessoa do professor (Canário 1994, 22). Enquadra-se esta formação no universo de referências da educação de adultos, embora reconhecendo a especificidade própria àquele tipo de profissionalidade. Aceita-se o pressuposto de que o adulto continua a desenvolver-se ao nível cognitivo, social e afectivo durante toda a vida (Ralha-Simões & Simões 1995; Thies-Sprinthal 1984) e relacionando os níveis de desenvolvimento dos professores com as suas práticas educativas (Thies-Sprinthal & Sprinthal 1987, Thies-Sprinthal 1980; Ralha-Simões 1991).

Grandes avanços se verificarão quando a necessidade desta formação permanente tiver sido de facto interiorizada como uma prática corrente e indiscutível, integrante da própria prática profissional, tanto pelos profissionais da educação como pela sociedade em geral.

O conceito de formação contínua de professores terá de ser articulado com o de profissão docente e com o de escola (Nóvoa 1987; 1994). Se se entende proporcionar um desenvolvimento profissional com significado (Donnay & Charlier 1991), o professor deve ter oportunidade para pensar, reflectir e analisar o seu próprio crescimento pessoal, questionar e melhorar as suas ideias, concepções e práticas (Escudero & Botia Bolivar 1994).

Recuperamos os princípios defendidos para, após a apresentação do assunto programático seleccionado para a Investigação, apresentarmos as Hipóteses e Objectivos que orientaram a planificação, implementação e avaliação de uma proposta de ensino epistemologicamente fundamentada e desenvolvida com professores profissionalizados num processo de Investigação-Acção durante um percurso de FC.

1.6. O Tema da Investigação: Conservação da Massa nas Reacções Químicas - Pertinência do Assunto

Razões de diversa natureza, embora convergentes, estiveram na origem do interesse da escolha do tema curricular objecto desta investigação: "conservação da massa nas reacções química".

Considerou-se o 8º ano por ser aquele em que se inicia formalmente o estudo da Química ao nível do 3º Ciclo do Ensino Básico e por considerações já tecidas sobre o significado de literacia científica e sua incidência ao nível da escolaridade básica.

Após análise do Programa e de alguns Manuais escolares para o 8º ano, o tema foi aí considerado central e relevante, contudo não tratado com a relevância que lhe assiste. Propostas extremamente limitadas num e noutros.

No Programa de Química do 8º ano de escolaridade lê-se: "Nesta unidade temática, inicia-se também o estudo das reacções químicas, começando por reconhecer a conservação da massa, interpretada em termos de conservação do número de átomos; justifica-se, assim, o acertar de equações ilustradas em vários exemplos simples. (...) Em toda a unidade se exploram as implicações da Química em múltiplos domínios, para além do interesse científico por si mesmo." (Programa 1995, 17). Considera-se, contudo, que as indicações metodológicas e os objectivos específicos na proposta de Organização do Ensino/Aprendizagem aí apresentada são redutores em relação à que se propõe e

implementa (sabemos que os professores seguem as indicações da Organização do Ensino/Aprendizagem propostas no texto oficial, ignorando os Princípios Orientadores e as Finalidades apontadas ou, ainda, seguem simplesmente Manuais Escolares que em geral apontam organização semelhante).

Em relação à temática, trata-se de conceitos indispensáveis na sequência dos assuntos, no âmbito da Química e de outras disciplinas. É manifesta a sua importância transdisciplinar: relação com geologia, biologia, implicações tecnológicas e industriais, questões de impacto ambiental. É um tema fundamental para a progressão nos campos da Química - pré-requisito para a progressão na totalidade do Programa e dos estudos subsequentes.

Do ponto de vista científico, a compreensão do princípio da conservação da massa, bem como o conhecimento da teoria geral das reacções químicas, são imprescindíveis para a compreensão de toda a estrutura da Ciência das propriedades e transformações das substâncias.

Do ponto de vista epistemológico, o estudo da controvérsia que acompanhou a interpretação de umas das mais vulgares, mas também das mais importantes, transformações químicas, a combustão, e o estabelecimento de uma teoria geral para as reacções químicas, em que o princípio da conservação da massa que guiou Lavoisier no estabelecimento da sua teoria se transformou em Lei empírica, não pode ser subestimado.

Destaca-se a importância do tema no contexto social e tecnológico actual e previsivelmente futuro - domínios industriais, sociais etc., em particular das reacções de combustão e do conceito de conservação da massa: fogos florestais, incineradoras e reciclagem, Centrais térmicas, etc.-, assuntos que dominam o interesse público e sobre os quais os cidadãos devem construir opiniões fundamentadas e críticas para uma intervenção activa.

Reconhece-se o valor histórico-cultural da temática pela correspondência a um período da História da Humanidade e da História da Ciência (HC) forte de implicações económicas, sociais, políticas, científicas. Após a comemoração dos 200 anos da morte de Lavoisier, a literatura disponível sobre este período da História da Química (HQ) aumentou em quantidade e qualidade (indicamos, por exemplo, Multhauf 1993; Bensaude-Vincent & Martin 1993; Serres 1989... e ainda edições *fac-similae* do *Traité Élémentaire de Chimie*).

Tratou-se de um assunto motivador de ampla controvérsia na HC, na HQ em particular, com o estatuto de "revolução", como o próprio Lavoisier o apelidou. Assiste-se à substituição de uma teoria por outra, ao destronamento de um modo de pensar e de um corpo teórico por outro mais poderoso e de mais amplo espectro interpretativo e previsivo.

Abundam os ingredientes epistemológicos que podem ajudar a criar imagens mais consistentes sobre a ciência, Academia, controvérsia, comunidade científica, discussões na comunidade científica, dificuldade em fazer passar "novas" teorias, a tecnologia aliada com a Ciência, o papel dos correspondentes, das publicações e da comunicação de resultados, as implicações sociais, económicas e políticas que tal período veio a desencadear, enfim, as influências do período conturbado da Revolução Francesa, no desenvolvimento do estatuto da Química como Ciência moderna.

Do ponto de vista educacional é, sem dúvida, um assunto central. Os professores despertos para a importância crucial de um dos temas mais controversos na HQ, no essencial só tratado pelos historiadores e epistemólogos da ciência, podem fazer dele uma adequada exploração nas suas aulas, como tema científico e cultural por excelência. Na verdade, o tema tem sido ponto de passagem para a cristalização de um saber académico, em si, gerador de oportunidades de resolução de exercícios de acerto de equações e estequiométricos, que, mesmo quando os alunos resolvem, não significa

compreensão do assunto. Há assim necessidade de os professores se actualizarem, particularmente em áreas que assumem uma importância particular no âmbito do Programa e da formação dos alunos.

Nas práticas de ensino e nos manuais, a incidência vai para uma abordagem fortemente empirista, de um assunto que pode ser o móbil de uma abordagem da Ciência numa perspectiva consonante com a NFC. O trabalho experimental é de cariz confirmatório, recorrendo quase sempre à experiência que já ganhou estatuto de "clássica" da precipitação do iodeto de chumbo por reacção entre o iodeto de potássio e o nitrato de chumbo.

Nos Manuais Escolares e nas práticas de ensino habituais, a História da Química surge de forma meramente ilustrativa. Com frequência está completamente ausente (como registámos numa primeira fase do estudo que veio corroborar a importância que atribuíamos, desde o início, ao tema).

Só foi possível tomar como ponto de partida um princípio de conservação e aceder a uma nova e mais poderosa teoria interpretativa, porque se conheciam já os gases e principalmente a sua materialidade (Hernandez Pérez 1997, 36-37). É o nascimento da Química como Ciência moderna, que acontece quando se interpreta a participação dos gases nas reacções de combustão, "e isto não acontece até que se demonstra a sua existência material, se diferenciam e caracterizam os distintos "ares" e se dispõe de um modelo corpuscular que justifique o seu comportamento físico".

Segundo Kuhn, a ruptura com o paradigma pré-científico, que ocorre na década de 1770, foi fundamentalmente devido ao estádio de desenvolvimento já atingido pela química pneumática, que conheceu muitos adeptos, e ao uso da balança nos processos químicos. São estes dois aspectos que, ao tratar o tema proposto, são abordados.

Tal como é proposta, e no enquadramento que se pretendeu fazer dentro do esquema programático para o 8° ano, a abordagem do tema pelo recurso à HC e ao TE,

numa perspectiva fundamentada na NFC, pode ajudar os alunos a fazer a passagem de uma concepção predominantemente macroscópica para uma interpretação no domínio da teoria cinético-corpuscular, modelo que já foi abordado e que toma consistência na proposta apresentada, para explicação da estrutura e comportamento da matéria e interpretação das reacções químicas. No Programa é-lhe dado destaque embora unicamente como componente científica.

Os alunos desconhecem a ideia geral de transformação química. A conservação da massa também não é largamente compreendida por uma alta percentagem da população estudantil. A sua passagem pelas classes de química na Escola secundária aparentemente não aclarou conceitos básicos, já que não os conseguem aplicar em situações simples. Ao contrário, nota-se a presença de concepções alternativas (CA) em alta percentagem. Bodner (1991) assinala que muitas respostas podem-se explicar aceitando que os estudantes frequentemente possuem conhecimento sem compreensão. Confirma que as CA são tão resistentes ao ensino que uma fracção significativa as retém depois de grande quantidade de horas de aula e laboratório. Landau & Lastres (1996) concordam com Oñorbe de Torre & Sánchez Jiménez (1992) que:

> se hace necessario un replanteamiento de la enseñanza de estos fundamentos, ya que sólo a partir de una verdadera comprensión de los mismos podrá accederse a otros conceptos químicos. Es de destacar también que la base de la resolución de un gran número de problemas en química es la aplicación explícita o implícita de la ley de conservación de la masa.

Os conceitos de massa e volume e a lei mais geral da química, a lei da conservação da massa, são conhecimentos básicos que hão-de utilizar-se, sem os tornar explícitos, na grande maioria de questões e problemas.

A lei da conservação da massa é considerada geralmente, por professores e alunos, muito simples e facilmente compreensível, porque não tem um aparato matemático à sua volta e porque a sua definição é facilmente memorizável. Portanto a sua utilização não se analisa e supõe-se correcta em qualquer problema químico. Contudo, a sua aplicação

supõe uma compreensão simultânea de muitos outros conceitos fundamentais, como substância, matéria, massa, volume, densidade... Relativamente à combustão, onde a transformação sofrida pela matéria é muito maior, admite-se com mais facilidade o desaparecimento de matéria (Oñorbe de Torre & Sanchez Jiménez 1992).

Assim, para percorrer o caminho histórico, propõe-se aos professores que conheçam bem as CA mais frequentes nos alunos, principalmente os de idades entre os 12 e 15 anos, e que têm algum paralelismo com ideias da HQ. Algumas delas no âmbito de conceitos que são pré-requisitos para o tema, e outras no âmbito do próprio tema.

Numerosas investigações apontam para a existência de Concepções Alternativas nos alunos relativamente a estes assuntos que permanecem ao longo da escolaridade (Martins 1989; Hesse & Anderson, 1992; Yarroch, 1985; Driver 1985; Meheut *et al.* 1985; Oñorbe de Torre & Sanchez Jiménez 1992; Garnett *et al.* 1992; Ben-Zvi *et al.* 1987; Nurrenberg & Pickerink 1987; Anderson 1986...), incluindo universitários, como apontam também alguns investigadores (Yarroch 1985; Abraham *et al.* 1994; Landau & Lastres 1996).

Outro aspecto a considerar foi a inexistência, neste domínio, de trabalhos publicados, simultaneamente no que respeita a propostas de ensino fundamentadas, (embora largamente recomendada a sua necessidade) e no que respeita à perspectiva da formação de professores.

Parece-nos que fica defendida a importância que tal tema assume no âmbito de uma aprendizagem significativa da Química e justifica, deste modo, que nos tenhamos debruçado sobre a forma como o ensinar, e a formação que é necessário os professores possuírem, de modo a que os alunos possam construir imagens mais consistentes sobre a ciência.

1.7. Questões e Objectivos do Estudo

As questões que orientaram o Estudo que se apresenta prendem-se com a intenção manifesta de intervenção na formação de professores para práticas de ensino epistemologicamente fundamentadas, e relativamente a um assunto com interesse didáctico relevante, e são traduzidas nas hipóteses de trabalho que o orientaram no seu desenvolvimento metodológico.

1.7.1. Hipóteses de Trabalho

A investigação educacional, praticamente, ainda não atingiu a sala de aula. A primeira hipótese orientadora do trabalho conduzido é de que as práticas de ensino dos professores são essencialmente guiadas por preocupações de natureza pedagógica e as imagens sobre ciência e conhecimento científico não são consonantes com o Quadro da Nova Filosofia da Ciência, o que nos conduz à problemática de estratégias de formação de professores de sentido inovador.

Assim, tomámos igualmente como hipóteses de trabalho:

- que é possível construir estratégias de ensino, nomeadamente privilegiando a HC, o TE e a consideração de perspectivas CTS, que valorizem uma perspectiva da ciência e do conhecimento científico mais conforme com o quadro da Nova Filosofia da Ciência.

- que fazer Formação de Professores numa perspectiva de Investigação-Acção, orientando-os para uma leitura fundamentada e crítica dos Programas, envolvendo-os e responsabilizando-os na preparação e/ou discussão das práticas de ensino para os seus

alunos, iniciando-os na reflexão epistemológica dos assuntos e das práticas, resulta numa melhoria substancial no seu desempenho profissional, aproximando-se as imagens sobre ciência, passadas na sala de aula, de uma perspectiva mais consonante com as propostas da NFC.

O pressuposto é, naturalmente, que, como resultado de um tal percurso, as aprendizagens dos alunos sejam valorizadas no sentido anteriormente descrito.

1.7.2. Objectivos da Investigação

Os objectivos para a investigação articulam-se com as hipóteses de trabalho formuladas e com as fases do desenvolvimento do projecto cuja análise detalhada será apresentada em ponto seguinte. Assim:

1 - Descrever e analisar criticamente o discurso epistemológico de professores de Física e Química nas suas práticas de ensino, incidindo no âmbito da conservação da massa nas reacções químicas (8° ano de escolaridade).

2 - Construir uma proposta de planificação epistemologicamente fundamentada na Nova Filosofia da Ciência para a abordagem do tema "Reacções químicas e conservação da massa" referente ao Programa da Reforma Curricular para o 3° Ciclo do Ensino Básico.

3 - Desenvolver e avaliar um percurso de formação de professores para o ensino do tema proposto nas perspectivas anteriormente descritas.

1.8. Em Síntese - O Quadro Investigativo

Conscientes da reduzida influência da investigação em Educação em Ciências (Cachapuz 1995a), o cerne da mudança tem que passar para "uma outra cultura de investigação", que necessita romper com a lógica positivista dos modelos de racionalidade técnica em que se privilegiam relações unidireccionais e redutoras de produtor a consumidor ou de causa a efeito e em que a teoria domina a prática, espacial e temporalmente desligadas, e a pretensão do investigador seria produzir teoria útil que os professores deviam linearmente transpor para a sua prática.

Mas "estamos no fim de um ciclo de hegemonia de uma certa ordem científica", é como Boaventura de Sousa Santos (1987, 9) caracteriza a situação, ao mesmo tempo que especula sobre o perfil da nova ordem científica emergente.

O modelo de racionalidade técnica é um modelo totalitário e todo-poderoso (Damas 1997), na medida em que nega o carácter racional a todas as formas de conhecimento que não se pautarem pelos seus princípios epistemológicos e pelas suas regras metodológicas (Sousa Santos 1987, 10). "O determinismo mecanicista é o horizonte certo de uma forma de conhecimento que se pretende utilitário e funcional, reconhecido menos pela capacidade de compreender profundamente o real do que pela capacidade de o dominar e transformar" (Sousa Santos 1987, 17).

No paradigma emergente, o conhecimento tende a ser não dualista, fundado na superação das distinções que até há pouco considerávamos insubstituíveis, tais como natureza/cultura, natural/artificial, observador/observado, subjectivo/objectivo... Este conhecimento pós-moderno não é determinístico nem descritivista. É sobre condições de possibilidade e constitui-se a partir de uma pluralidade metodológica (Sousa Santos 1987, 48). Caro (1995) considera mesmo que, no final do século XX "a Ciência" já não existe, mas que existem ciências, colecção de especialidades intimamente ligadas, cada vez mais difíceis, complexas e numerosas, sob todos os pontos de vista, em que o

entendimento pelo público se torna mais confuso. E, na metáfora de Caro (*op. cit.*), é necessário compreender a passagem da cidade das ciências à cidade dos Homens.

A educação é particularmente resistente à "mensagem" pós-moderna. Olhar simultaneamente para o mundo e para a investigação de uma forma diferente, tal constitui um desafio. O pós-modernismo, que pretende superar o racionalismo técnico, é uma abordagem que sugere que olhemos para as coisas de forma diferente e nova e também sugere que se olhe para novas coisas, dada a mudança constante no mundo em que vivemos. No pensamento pós-moderno não há critérios universais de verdade, pelo que se requere que o conhecimento seja sempre contextualizado.

O pós-modernismo, pluralista, tem uma diferente compreensão da razão - uma racionalidade baseada não no encontrar respostas para os problemas mas em "problematizar" respostas. Incorporar mais crítica do que os projectos da racionalidade técnica requeriam, desconstruir e reconstruir uma investigação que era mais técnica, prática e desenvolvimentista. Como refere Jarrosson (1998), trata-se agora de incorporar a "tecnologia", numa visão mais coerente do homem no mundo, uma vez que "a tecnologia é uma linguagem do homem" (*op. cit.*, 166).

A nova ordem apontada sugere "investigação orientada no sentido de facilitar aos professores de Ciências tomar decisões mais informadas (i. e., não radicando somente numa combinatória de saberes tácitos, intuição e crenças) sobre como melhorar o seu ensino, a começar por se questionarem sobre imagens simplistas do que é a Ciência que são supostos ensinar" (Cachapuz 1995a). É uma alternativa que articula investigação/formação/ensino, em que informação (teoria) e conhecimento (prática) já não se encontram desligados no tempo e no espaço (Cachapuz 1997, 222).

O que Cachapuz defende são percursos de pesquisa que promovam uma outra apropriação pelos professores das suas práticas, dando unidade e coerência aos seus actos de ensino, contribuindo para um crescimento pessoal e profissional e sugere condições que passam pelo envolvimento dos professores no processo de investigação,

pelo centrar a investigação na sala de aula, pela alteração da lógica da formação contínua e ainda pela divulgação de estudos exemplares.

Nesta ordem de ideias é importante e indispensável que os professores reflictam e questionem a sua prática e se orientem para novas direcções consonantes, mas sobretudo conscientes, com as dimensões criadas pelas novas orientações da epistemologia das Ciências. As decisões são orientadas por uma compreensão da natureza do conhecimento e pelo entendimento de como é que os alunos aprendem (Glasson & Lalik 1993). É um posicionamento exigente. Sem conhecimentos de História e Filosofia da Ciência não pode o professor desenvolver uma reflexão sobre o seu conceito de Ciência e sobre o que é ou não interessante para ser tratado com os seus alunos. Tal inexistência de uma concepção epistemológica consciente é condicionante da possibilidade de sucesso das pretensões, por exemplo, das reformas curriculares. Sem reflexão consciente, as atitudes dos professores para com a Ciência não passam de ingénuas interpretações de questões meramente pedagógicas que não têm consistência e que propagam outros tantos ingénuos conhecimentos acerca de assuntos da Ciência (!) que se sabe que não conduzem a aprendizagens efectivas e úteis ou interessantes!

Impõe-se assim uma nova concepção de investigação e de formação que se enquadre na mesma linha de pensamento e que una os investigadores aos práticos. Jennings & Graham (1996), neste debate moderno/pós-moderno, apontam o valor da Investigação-Acção: "Action research is not only a way of developing one's praxis, but also of critiquing and changing the world". A formação com base na participação dos docentes em investigações sobre as suas próprias práticas de ensino, com reflexão fortemente orientada por uma exigência de reflexão epistemológica, parece poder ser a forma do salto necessário para romper a continuidade do paradigma da racionalidade técnica e alcançar o paradigma da pós-modernidade.

A investigação tende, neste ponto da situação, para estudos mais naturalistas, qualitativos, em que a generalização não é pretendida, mas sim a utilização dos resultados para situações de interpretações e reflexões conducentes a situações de acção,

ou, de preferência, novas situações de investigação-acção, na qual os próprios professores sejam, numa atitude investigativa, os (re)construtores do seu próprio conhecimento prático. É necessário que os professores aprendam a assumir tal perspectiva. É necessário "investigar com eles"! Há necessidade de encontrar novas configurações de pesquisa que permitam evoluir de uma investigação "sobre" e "para" professores (assente em modelos de racionalidade técnica) para uma investigação "com" e "por" professores, explorando percursos e modalidades diversas de investigação-acção (Cachapuz 1997).

A problemática do projecto parece então passar pela articulação da investigação com a formação, na perspectiva de potenciar a inovação. Não se defende uma posição justificacionista da relevância do conhecimento unicamente em função dos seus resultados práticos (visão instrumental e utilitária), mas uma orientação da investigação cujos resultados facilitem aos professores e investigadores tomar decisões mais informadas sobre o seu ensino e sobre os processos de formação de modo a melhorá-los (Cachapuz 1997, 218). A metodologia de investigação-acção torna-se, assim, viável na investigação educacional quando investigadores e professores no terreno avançam em conjunto para identificar e trabalhar sobre os problemas da prática. É a construção do conhecimento didáctico pelo professor, inseparável da formação. Planificam-se e implementam-se projectos de investigação-acção quando os objectivos são, em particular, desenvolver a prática, aumentar a compreensão teórica e promover o desenvolvimento pessoal e profissional (Oja & Smulyan 1989, vii). De tal natureza são os objectivos que foram estabelecidos para o Estudo apresentado e desenvolvido segundo o modelo de trabalho que se apresenta no ponto seguinte.

1.9. O Modelo de Trabalho da Investigação

O Modelo de trabalho seguido reflecte uma investigação articulada de modo a tornar-se mais relevante para os participantes.

A concepção global do trabalho encerra um modelo integrado na ideia organizadora do estudo desenvolvido (Figura 1.1). O ponto de partida são os Princípios da Nova Filosofia da Ciência (A) - numa imagem pós-moderna da natureza da Ciência e do conhecimento científico. O próprio currículo intencional (B), supostamente, integra tais princípios, estabelecendo-se uma congruência potencial entre A e B. Passa-se, aqui, um nível teórico para um nível analítico. É a partir daqueles princípios que se pôde construir um quadro teórico - Instrumento de análise (C) (nível analítico) em congruência potencial com uma concepção de ciência que se verte na leitura que os professores fazem do currículo e igualmente na prática de ensino (PE). É o Instrumento de análise que permite fazer a análise da congruência e compreender/inferir as representações dos professores sobre o domínio dos Princípios Orientadores da NFC (**A**). Esta é uma fase de investigação naturalista.

Entre as concepções teoricamente desejáveis e as imagens de Ciência passadas na sala de aula, procura-se estabelecer um perfil proveniente do desempenho na PE. Com base na reflexão sobre estes perfis encontrados, algumas mudanças necessárias se esboçam. De novo, com a orientação dos princípios da NFC e, reflectindo sobre a PE desenvolvida (identificando as mudanças necessárias), organiza-se um Programa de Formação Contínua que integra a participação numa planificação didáctica epistemologicamente fundamentada e que se operacionalizará na PE das professoras colaboradoras. Inicia-se uma fase de I-A colaborativa que se torne relevante para os professores. Esta é uma fase de reflexão sobre a acção, dos professores - uma forma diferente de encarar e desenvolver a prática de ensino e particularmente o desenvolvimento de um processo de construção do conheciemnto didáctico fundamentado. Numa etapa (avaliação-reflexão) subsequente, procede-se à necessária

reflexão sobre a acção desenvolvida. Nesta atitude/exercício de avaliação procede-se a uma triangulação entre os resultados (análise/reflexão/opinião) da investigadora, os de cada uma das professoras-colaboradoras e os dos alunos. Mantendo-se a proximidade entre orientações epistemológicas e modelos investigativos - é o ultrapassar a racionalidade técnica que caracteriza simultaneamente um entendimento pós-positivista da ciência e do quadro investigativo desenhado, com a intenção de ultrapassar a investigação sobre os professores e para os professores e as visões que encerram perspectivas limitadas e estreitas onde não cabem as perspectivas da actualidade relativamente a estes dois campos que no presente Estudo se cruzam e que são apresentados e justificados em capítulos seguintes.

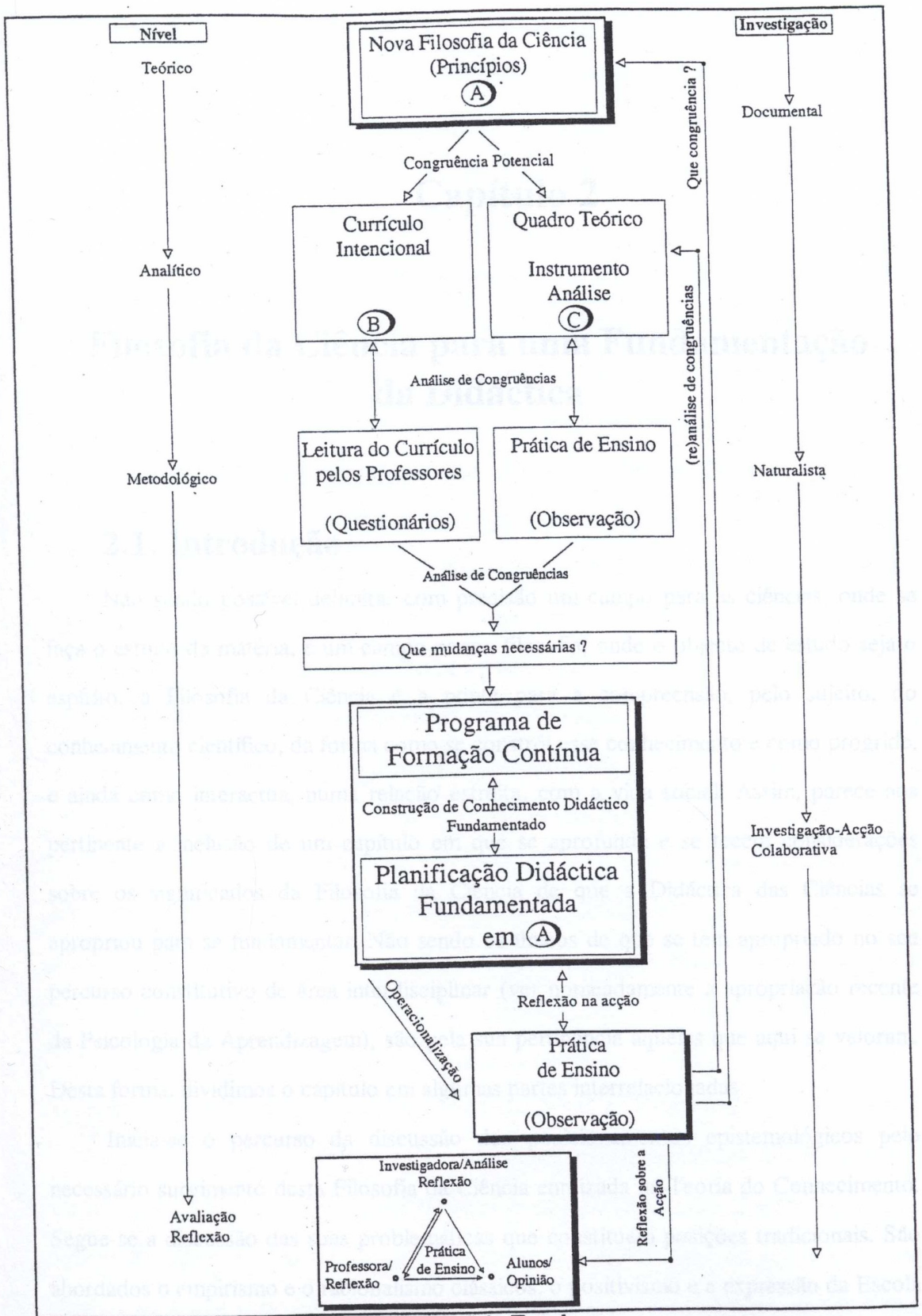


Figura 1.1. - Esquema da concepção global do Estudo

Capítulo 2

Filosofia da Ciência para uma Fundamentação da Didáctica

2.1. Introdução

Não sendo possível delimitar com precisão um campo para as ciências, onde se faça o estudo da matéria, e um campo para a filosofia, onde o objecto de estudo seja o espírito, a Filosofia da Ciência é a ponte para a compreensão, pelo sujeito, do conhecimento científico, da forma como se constrói esse conhecimento e como progride, e ainda como interactua, numa relação estreita, com a vida social. Assim, parece-nos pertinente a inclusão de um capítulo em que se aprofunda e se tecem considerações sobre os significados da Filosofia da Ciência de que a Didáctica das Ciências se apropriou para se fundamentar. Não sendo os únicos de que se tem apropriado no seu percurso constitutivo de área interdisciplinar (ver nomeadamente a apropriação recente da Psicologia da Aprendizagem), são pela sua pertinência aqueles que aqui se valoram. Desta forma, dividimos o capítulo em algumas partes interrelacionadas:

Inicia-se o percurso da discussão dos posicionamentos epistemológicos pelo necessário surgimento desta Filosofia da Ciência enraizada na Teoria do Conhecimento. Segue-se a discussão das suas problemáticas que constituem posições tradicionais. São abordados o empirismo e o racionalismo clássicos, o positivismo e a expressão da Escola de Viena, até aos contributos de ruptura representados por Popper e Bunge.

Após o encontro de aspectos problemáticos centrais sobre os quais se debruça a Filosofia das Ciências, é sobre eles que vamos tentar perceber os contributos de vários autores (epistemólogos contemporâneos) que têm já, transpostos pelos investigadores de Educação em Ciência, expressão na Didáctica das Ciências. É a vaga da Nova Filosofia da Ciência com Kuhn, Lakatos, Feyerabend e outros, contribuindo para a construção de uma imagem de tais aspectos cruciais para a compreensão da ciência e da actividade científica e que têm contribuído para a alteração das perspectivas da Didáctica das Ciências. Assim, algumas categorias epistemológicas organizaram-se no delineamento /construção de um Instrumento de Análise da dimensão epistemológica de práticas de ensino (apresentado no Capítulo 3).

Juntam-se algumas leituras de investigadores em Didáctica das Ciências que fizeram a transposição desses princípios para o seu campo de investigação particular. Tais aspectos suportam e incentivam a utilização de estratégias centradas na História da Ciência (HC), no Trabalho Experimental (TE) e na consideração de uma perspectiva de interrelação da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), como abordagens privilegiadas no ensino das ciências de cuja fundamentação epistemológica dependem, em larga medida, como pretendemos fundamentar no Capítulo 1, as imagens sobre ciência veiculadas na sala de aula.

O capítulo termina com referência a estudos relevantes sobre a implementação de estratégias de ensino epistemologicamente fundamentadas.

2.2. A Aventura da Epistemologia: Da Teoria do Conhecimento a uma Posição de Fronteira entre a Filosofia e a Ciência

A Filosofia oscila, de Sócrates e Platão a Aristóteles, entre uma *concepção do espírito* e uma *concepção do universo* (Hessen 1978). A partir destes dois arquétipos a

História da Filosofia pode ser encarada como um movimento pendular entre estas duas tendências, conduzindo-a para uma necessária consideração simultânea de ambas. É deste modo que a Filosofia é apresentada por Hessen (*op. cit.*, 15) como: "uma tentativa do espírito humano para chegar a uma concepção do universo por meio da auto-reflexão sobre as suas funções de valor teóricas e práticas".

Este autor afirma que "existe uma afinidade entre a filosofia e a ciência, na medida em que ambas assentam na mesma função do espírito humano, no pensamento" (Hessen 1978, 16). Como reflexão sobre aquilo a que chamamos ciência, a filosofia é teoria do conhecimento científico, teoria da ciência. Para a Filosofia esta teoria da ciência divide-se em lógica e em teoria do conhecimento. Enquanto a Lógica investiga os princípios formais (formas e leis gerais do pensamento humano), a teoria do conhecimento dirige-se, como argumenta Hessen (*op. cit.*, 20), aos pressupostos materiais mais gerais do conhecimento científico. A primeira prescinde dos objectos, a segunda dirige-se para a sua referência com eles.

Seguimos ainda de perto Hessen quando consideramos que tal vertente da Filosofia surge na Idade Moderna com Locke, com o seu "Ensaio sobre o entendimento humano" de 1690, que "trata de forma sistemática as questões da origem, essência e certeza do conhecimento humano" (*op. cit.*, 21, 22). Estava aberto o caminho do reconhecimento e da necessidade de uma teoria do conhecimento. Fazendo o percurso histórico, encontramos Leibnitz em oposição a Locke (Novos ensaios sobre o entendimento humano - 1765), Berkeley (Tratado dos princípios do conhecimento humano - 1710), Hume (Tratado da natureza humana - 1740) e, apontado como o verdadeiro fundador da teoria do conhecimento, Kant com a sua "Crítica da razão pura" (1781), que trata essencialmente de dar uma fundamentação crítica do conhecimento científico da natureza. No sucessor imediato de Kant, Fichte, a teoria do conhecimento aparece pela primeira vez com o título de "teoria da ciência". Inicia-se simultaneamente alguma confusão entre teoria do conhecimento e metafísica, que se acentua com Schelling e Hegel, repondo-se uma acentuada separação com os neokantianos do final do

século XIX. Com tal separação, a Filosofia correu o risco de se reduzir a uma teoria do conhecimento, cujo exclusivismo acabou por ser, posteriormente, responsável pelo positivo surgimento de variadas direcções epistemológicas.

A palavra ciência tomou, a partir de século XVIII, um sentido mais restrito e mais preciso, aquele a que nos referimos quando falamos hoje da Academia das Ciências ou das aplicações da ciência. Ainda no século XVII, depois do impulso decisivo dado por Galileu, a nova ciência continua insuficientemente desligada da filosofia. Em Newton e em Descartes, a ciência surge com a designação de Princípios da Filosofia. A expressão *natural philosophy* continuará até ao final do século XIX a designar, em inglês, a física. A palavra alemã para ciência (wissenschaft) conservou sempre alguma coisa do sentido mais lato que tendia a confundi-la com a filosofia.

Blanché (1975) considera que é sobretudo no segundo terço do século XIX que aparecem quase simultaneamente as duas obras fundamentais que podemos considerar como indicadoras daquilo a que hoje chamamos epistemologia, embora o termo ainda não existisse: a "Wissenschaftslehre" (significa teoria da ciência) (1837) de Bolzano e a "Philosophy of the inductive sciences" (1840) de Whewell.

Tal como a metaciência (a praticar por cientistas), a epistemologia que, conservando o seu carácter filosófico, é uma reflexão sobre a ciência, interroga-se, a um nível superior ao da ciência, sobre os seus princípios, os seus fundamentos, as suas estruturas, as suas condições de validade, etc. (Blanché 1975).

Whewell inaugura o método histórico-crítico, que será para a epistemologia uma das vias de acesso mais frutuosas. Percorrendo a escala das ciências, procura salientar em relação a cada uma delas as "ideias fundamentais" sobre as quais repousa a epistemologia, assim como os processos através dos quais ela se constrói (Blanché 1975, 14).

Na via aberta por Whewell integram-se duas das mais significativas obras de epistemologia: a de Cournot, por muitos considerado o maior epistemólogo do século

XIX (1851), com o seu *Tratado sobre o encadeamento das ideias fundamentais nas ciências e na história,* e a obra de Mach, de 1883, também de inspiração histórico-crítica, *La mécanique, étude historique et critique de son développement*, em que se faz uma crítica cerrada aos absolutos newtonianos, inspirando a mecânica relativista.

Por volta de 1900, quando começam a ser seriamente postos em causa alguns dos princípios do que hoje chamamos "ciência clássica", desenvolve-se o grande movimento chamado "crítica das ciências", dirigido contra o dogmatismo e levado a cabo por autores de formação científica, tendo em conta a natureza das leis e das teorias físicas. Físicos, Químicos e Matemáticos entregam-se ao regresso aos princípios das suas ciências. "Através desta junção entre a competência científica e a reflexão filosófica, junção imperiosamente exigida pelo próprio estádio da ciência e que a especialização científica devida ao desenvolvimento da mesma tinha tornado cada vez mais rara, a epistemologia constituiu-se como disciplina original" (Blanché 1975, 16).

Uma situação que ajuda a perceber a indispensabilidade da epistemologia, simultaneamente, para a filosofia e para a ciência, liga-se com o facto de os sessenta últimos anos do século XIX terem sido uma das etapas menos favoráveis para a filosofia. Foi uma idade antifilosófica, como lhe chamou Ortega y Gasset (1982). Se a Filosofia fosse algo de que radicalmente se pudesse prescindir, não há dúvida de que durante esses anos teria desaparecido por completo (*op. cit.*, 24). A Filosofia ficou humilhada pelo imperialismo da Física e apavorada pelo terrorismo intelectual dos laboratórios (*ibidem*, 39). Mas o filósofo Ortega y Gasset conclui que "foram como tinham que ter sido e foi sobremaneira fértil que assim tivessem sido" (*ibidem*, 40). Embora quase reduzida à teoria do conhecimento, a questão em si, "o que é o conhecimento?", não era posta. Mas a Física crescia e chegava a uma amplitude e perfeição tais, a um grau de precisão e a uma esfera de observações tão gigantesca que foi preciso reformar os seus princípios. "Sea esto dicho para quien vulgarmente cree que la modificación de un sistema doctrinal indica poca firmeza en una ciência. La verdad es lo contrario" (Ortega y Gasset 1982, 42). Esta venturosa "crise de crescimento" e a necessidade de reformular princípios

conduziu, na imagem de Ortega y Gasset, a sair da ciência de superfície e apoiar-se no subsolo. Os físicos viram-se obrigados a filosofar sobre a sua ciência! Desde Poincaré, Mach, Duhem, Einstein, Weyl e seus seguidores, foi-se construindo uma teoria do conhecimento físico devida aos próprios físicos. Todos receberam grandes influências do passado filosófico, mas o curioso é que, enquanto a filosofia exagerava o culto pela física como tipo de conhecimento, a teoria dos físicos concluía descobrindo que a física é, tão só, um conhecimento simbólico (Ortega y Gasset 1982, 43). Não é possível que as ciências se mantenham na posição de intratável independência. Tal acarreta o renascimento da filosofia e a imprescindibilidade da ciência perante ela - este é o valor da epistemologia.

A palavra epistemologia, a que se atribui o significado literal de teoria da ciência, surgiu no francês com B. Russell, em 1901, para designar a filosofia das ciências. Viu o seu aparecimento nos dicionários franceses em 1906. Canguilhem (1977, *in* Carrilho 1991), refere que o termo surgiu em 1954 na língua inglesa, por oposição a "ontology", ou seja, próximo da ideia de teoria do conhecimento. Em inglês, este campo de interesse é, então, "philosophy of science". Em português a interpretação permite o uso das duas expressões, praticamente como sinónimos. Geymonat (sd) também afirma esta sinonímia das duas expressões.

Os estudos de filosofia do conhecimento científico e em particular de metodologia são sustentados por uma prole de autores do século XX: Reichenbach, Canguilhem, Bachelard, Popper, Carnap, Bunge, Castoriadis, Kuhn, Lakatos, Putnam, Laudan, Amsterdansky, Lakatos, Feyerabend, Ladrière, etc.... Os seus trabalhos trouxeram, neste século, uma renovação à epistemologia e constituem pontos de referência impossíveis de negligenciar (Delattre 1981, 19).

Para este autor, "Como todas as **disciplinas fronteiras**, a epistemologia deve à sua dupla origem, filosófica e científica, um estatuto que permanece ainda hoje assaz inconfortável" (Delattre 1981, 19). Durante muito tempo foi parte integrante da Filosofia; depois, mais tardiamente, sob o nome de "filosofia da natureza", continuou

ainda a ser essencialmente pertença dos filósofos e só raramente dos homens da ciência. À medida que o peso dos cientistas aumentava, as suas ideias sobre a natureza da ciência tornaram-se mais seguras ou, pelo menos, mais firmemente expressas. Assim, visto por estes dois lados, o chamado conhecimento científico devia inevitavelmente originar animados debates. As relações entre filósofos e cientistas conheceram realmente altos e baixos, até à nítida rotura do século XIX, cuja causa imediata e mais notória residiu em pretensões de dirigir e modelar a ciência. Esta ruptura, cujas consequências são ainda hoje sensíveis, não beneficiou nenhum dos antagonistas. Retirados nos seus bastiões, os que deveriam ter sido parceiros cumpriram, talvez pior, as tarefas que teriam necessitado da sua melhor colaboração (Delattre 1981, 19). Tratou-se de uma feliz renovação a que ocorreu nos últimos decénios, proveniente dos filósofos, dos cientistas e de indivíduos com a dupla formação. Como refere Carrilho (1991, XI) "a epistemologia surge inicialmente como uma reflexão sobre o científico, conduzindo a uma reflexão global e exterior sobre a ciência e simultaneamente a uma análise local e interna que guia o desenvolvimento posterior da ciência".

Se se quiser distinguir a epistemologia da filosofia da ciência, será por uma questão de limites, uma vez que a epistemologia é uma parte da filosofia da ciência, a que está mais próxima da ciência (Blanché 1975, 26). Qual é, aliás, a grande teoria científica que não tem também implicações filosóficas?...

2.3. Epistemologia: Âmbitos e Problemas

"Se não existisse conhecimento científico certamente não existiria a epistemologia", como refere Carrilho (1991), explicando que esta disciplina emerge e se desenvolve numa grande proximidade temática das ciências, das suas práticas, dos seus discursos, dos seus problemas (Carrilho 1991, VII).

De acordo com Carrilho (1991, IX), "o campo epistemológico é hoje atravessado por problemáticas bem diversas". Ele próprio considera, no âmbito da epistemologia, algumas problemáticas fundamentais, tais como a renovação da filosofia das ciências provocada pela crise dos fundamentos na Matemática e na Física ou a elucidação das proposições científicas suscitadas pela nova atenção à linguagem e pela matematização da Lógica... Simultaneamente é apontada a necessidade do desenvolvimento das epistemologias regionais que, "atentas à diversificação das ciências e refractárias à categorização global, se ocupam dos pressupostos e dos métodos de ciências particulares", de epistemologias históricas que "visam esclarecer o processo interno de elaboração de teorias científicas e do entendimento da progressiva interferência das ciências humanas no esclarecimento da compreensão do desenvolvimento dos saberes" (*ibidem*, x).

Para Carrilho (1991) a epistemologia, entendida como filosofia da ciência, é "solidária de uma concepção global da actividade científica" (Carrilho 1991, XII).

Uma das características mais fortes do panorama epistemológico contemporâneo é, justamente, a extrema atenção dada à argumentação nos processos cognitivo e científico, desenvolvendo-se sobre o pano de fundo comum às posições conflituais que dão forma às controvérsias (Carrilho 1991, XVIII). A epistemologia interessa-se por toda a actividade científica na sua orientação imaginativa, "constrangendo ou estimulando o indivíduo, determinando por vezes uma orientação, uma norma, uma polarização no seio de uma comunidade científica" (Holton, *in* Carrilho 1991, XVIII).

No vocabulário de Lalande a epistemologia é "essencialmente o estudo crítico dos princípios, das hipóteses e dos resultados das diversas ciências". Piaget, no livro "Lógica e conhecimento científico" refere que "a reflexão epistemológica surge sempre a propósito das "crises" de tal ou tal ciência e que estas "crises" resultam de uma incapacidade dos métodos anteriores para serem ultrapassados graças à invenção de novos métodos" (Blanché 1975, 28).

Para Carrilho (1994) o interesse filosófico pela ciência desenvolvia-se até ao final do século XIX sobretudo no interior da teoria do conhecimento, e com dificuldade se conseguiam autonomizar as perspectivas dos filósofos sobre a ciência.

A Filosofia das Ciências nasce, assim, com a tentativa da determinação das características do que é específico da cientificidade, em torno da oposição entre os que concebem a actividade científica como processos indutivos e que procuram reduzir as entidades teóricas a funções observáveis de que a indução sempre parte (Mill; Mach; Hempel) e aqueles que sustentam que a elaboração de teorias não é explicável a partir da indução, não se podendo reduzir os conceitos teóricos à sua função lógica ou à sua base observacional (Whewell, Popper).

Sobre a origem intelectual da epistemologia, seria simplista: certos cientistas tornaram-se filósofos; um filósofo não arrisca hoje a ocupar-se de epistemologia sem ter adquirido primeiro uma cultura científica, ao menos relativamente a certo domínio (Cavaillès na Matemática; Février na Física e Canguilhem na Biologia). Alguns adquiriram uma dupla cultura, como Bachelard. Poderíamos distinguir entre o que se poderia chamar uma epistemologia interna e obrigatória e uma epistemologia externa e facultativa (Blanché 1975, 42). Pela primeira entendemos a que nasce no próprio caminho do cientista, exigida por problemas que se colocam no interior da ciência. O cientista faz então epistemologia sem o querer e quase sem o saber; apresenta um carácter ocasional e tende a integrar-se no trabalho científico. A externa e facultativa é praticada deliberadamente, em seguida a uma decisão arbitrária. É cultivada por si própria e aproxima-se mais da Filosofia.

Uma segunda divisão é, segundo o interesse sobre a ciência contemporânea, estudada na sua estrutura actual de um ponto de vista estático ou sincrónico, ou conforme ela se empenhe, pelo contrário, em seguir a ciência no que diz respeito à sua formação e ao seu desenvolvimento, considerando-a pois sob o ponto de vista diacrónico ou evolutivo (Blanché 1975, 42).

> Na ciência, como em todos os assuntos humanos, o presente apenas se compreende bem através do passado. A história oferece um bom meio de análise ao separar, pela data e pelas circunstâncias do seu aparecimento, os diversos elementos que contribuiriam para formar pouco a pouco as noções e os princípios da nossa ciência (Blanché 1975, 46).

A epistemologia distingue-se da história da ciência na medida em que esta história é, para ela, um meio e não um fim. Apoiada na história, a sua investigação é essencialmente crítica: o seu fim é discernir, graças aos ensinamentos fornecidos pelo estudo do seu passado, os elementos que concorrem para a formação da ciência e do próprio ideal científico. É, contudo, difícil estabelecer uma separação nítida entre as duas disciplinas.

"Una teoria surge, evoluciona, coexiste, se solidariza o compite con otras teorias, y eventualmente se extingue. El estudio del cambio científico ha sido también una preocupación constante de la filosofia de la ciencia de las últimas décadas", como refere Mosterín prefaciando a obra de Estany (1990, 10).

Já nem a redução a epistemologias externas (feita pelos filósofos) e internas (feita pelos cientistas), como duas fontes possíveis de crítica do conhecimento científico recobre de facto toda a realidade actual (Delattre 1981, 87). Neste debate em que intervêm aspectos psicológicos, éticos, sociais, ideológicos, os critérios e os métodos científicos já não constituem uma referência universal capaz de congregar todos os que se sentem com direito de nele participarem. Perante estas questões, cada um se encontra enquanto indivíduo e enquanto membro duma comunidade, com tudo o que isso comporta, e já não unicamente com as virtudes e competências da sua vida profissional, ainda que científica.

A epistemologia ocupou-se da ciência sobretudo na medida em que esta se revelou um meio privilegiado do conhecimento do real, conhecimento que se apresentava em contínuo crescimento e sobre o qual se pretendiam exercer funções normativas e legisladoras. Tal concepção da ciência é destronada apenas com as crises da Física e da

Matemática dos finais do século XIX e princípios do século seguinte, pondo em causa os seus principais pressupostos e suscitando um movimento dos próprios cientistas, interrogando os fundamentos das suas teorias mas também da sua actividade. Brunschwicg (*in* Carrilho 1991, XI) sublinha que "na ciência não há só processos progressivos mas também reflexivos". É também deste movimento de cientistas da transição do século que emergem, ao lado da epistemologia geral que se ocupa das características e dos problemas genéricos do conhecimento científico, epistemologias internas e regionais que atentam numa ciência ou disciplina e se movem no interior delas.

Os problemas da epistemologia repartem-se em dois conjuntos: os que têm carácter geral, abrangendo a totalidade das ciências, e os específicos de um só grupo de ciências, mais ou menos extenso, ou de uma só ciência, ou ramo de ciência, embora as ciências não se distingam entre elas por descontinuidades nítidas e absolutas.

Alguns problemas da epistemologia geral passam pela análise de certas noções comuns a todas as ciências ou à maior parte delas. Há certas exigências comuns que caracterizam o espírito científico em geral, como o controlo intersubjectivo, por exemplo, ou a maneira de conceber a relação entre a parte teórica e a parte experimental, equivalendo ao próprio significado das teorias.

São problemas da epistemologia, segundo Ernest Nagel (*in* Blanché 1975, 65): Construção dos conceitos, estrutura das explicações e validação das conclusões.

Os estudos de metodologia geral conheceram no decurso do século XX uma renovação importante (Delattre 1981, 86). A maior parte dos estudos metodológicos acentuaram sobretudo os meios que permitiram construir a ciência, ou seja, que conduziram a que se confira ao corpo dos dados observados uma coerência interna que se trata de justificar. Deixam com frequência na sombra a génese das ideias e das novas observações que se encontram na origem do crescimento dos conhecimentos e não

apenas da sua ordenação. As investigações feitas neste contexto da descoberta são ainda pouco numerosas (distinguimos Canguilhem, Kuhn, Reichenbach ou Feyerabend).

Mas uma nova problemática na filosofia das ciências surge com esses trabalhos inovadores, constituindo-se no que se designa por Nova Filosofia da Ciência (Carrilho 1994).

Jesús Mosterín, no livro de Estany (1990, 10), refere que "la ciencia es una actividad polifacética y complejíssima, que produce resultados de muy diverso tipo, entre los que se cuentan las teorias, tinglados conceptuales capaces de codificar abstractamente una inmensa cantidad de información.". Para ele nem sempre é claro quem são os cientistas, nem sempre o que os cientistas fazem é ciência, e também é ingénuo pensar que os próprios cientistas estão sempre explicitamente conscientes dos métodos que usam na sua investigação:

> Una tarea imprescindible de la filosofia de la ciencia consiste en enfocar, analizar y reconstruir con el mayor rigor posible las teorías científicas a partir de la barahúnda de textos, discusiones y presuposiciones no explicitadas que por lo pronto confrontan al espectador de la escena científica. Sin embargo, y a pesar del esfuerzo sostenido que la epistemología de las últimas dos décadas ha dedicado a esta cuestión, no hay surgido un consenso respecto a cuál sea la estructura común de las teorías y no hay razones a priori para pensar que tenga que haber tal patrón común (Jesús Mosterín *in* Estany 1990, 10).

A Filosofia da Ciência é, mais especificamente, "a parte da filosofia que se interessa pelos problemas que são suscitados pelo conhecimento *científico*, na diversidade dos seus domínios, dos seus métodos e dos seus objectivos" (Carrilho 1994, 11).

2.4. Perspectivas Epistemológicas Tradicionais

2.4.1. Empirismo e Racionalismo Clássicos

Embora o termo Epistemologia, como antes dissemos, seja mais recente, esta, entendida como reflexão sobre a Ciência, atenta às suas raízes e contextos, pode procurar a sua origem com a obra de Bacon (Carrilho 1994).

A teoria empirista do conhecimento pressupõe deduzir as verdades acerca da natureza a partir da evidência sensorial. O principal objectivo de Bacon era promover o conhecimento científico, valorizando a experiência e a técnica que são, para ele, a base e o objectivo do conhecimento científico, único reconhecido. O seu *Novum Organum* (de 1620) pretendeu caracterizar e instaurar uma metodologia alternativa à lógica Aristotélica dominante. Há necessidade de conjugar a experiência e a mente através do procedimento: "uma indução que pratica a selecção orientada e contínua dos casos, como única via que permite a formulação correcta de enunciados gerais" (Carrilho 1994, 15) e que é considerada como um procedimento seguro.

A filosofia de Bacon tem, assim, um sentido fundamentalmente metodológico e axiomático, na procura de sistematizar os saberes ligando este aspecto com a promoção de um método, o método experimental. Mas, como esclarece Carrilho (*op. cit.*, 16-17), "a defesa do experimentalismo consistiu mais na tematização da convergência do conhecimento e do poder, e no elogio do domínio da natureza pelo espírito humano, do que na avaliação detalhada das novidades que então talhavam a forma da ciência moderna". Para Bacon o conhecimento da natureza está ligado ao domínio sobre ela: "O conhecimento humano e o poder coincidem; quando não se conhece a causa não se pode produzir o efeito" (*The Novum Organum in* Carrilho 1994, 14).

De qualquer modo, segundo este "indutivismo naive", referido por Chalmers (1987, 27), o corpo de saber científico constrói-se por indução a partir de fundamentos seguros que constituem os dados da observação.

Pela primeira vez se procede a uma caracterização do que é a ciência, como funciona, quais os seus principais procedimentos e, simultaneamente, à prescrição do que deve ser e do modo como deve proceder, resultando numa concepção da ciência como uma actividade que obedece a um conjunto de regras que têm como objectivo o conhecimento e o domínio dos fenómenos (Carrilho 1994, 17).

Hume aborda a indução na perspectiva da sua justificação racional e lógica e conclui que às causas só se pode chegar através de um procedimento de natureza não indutiva mas sim hipotética. A passagem de observações particulares a uma lei geral é ilegítima dado que a base lógica desta operação desaparece. No seu "Tratado da natureza humana" começa por considerar que "todas as percepções da mente humana se reduzem a duas classes distintas: impressões e ideias" (Brown 1994, 18), e, enquanto as primeiras são os objectos imediatos de consciência de que temos experiência, as segundas são os objectos dos quais temos consciência quando reflectimos. Hume teria rompido com o indutivismo sem sair do âmbito do empirismo observacionalista (Carrilho 1994, 21). É ele, afinal, o filósofo central do empirismo clássico (Brown 1994).

Stuart Mill retoma a posição baconiana e tenta encontrar um princípio de indução. Apresenta os procedimentos indutivos como métodos, conformes às exigências empiristas, da descoberta de leis e do estabelecimento da verdade. Apresenta o conhecimento científico como modelo de racionalidade que se deve seguir. A sua indução baseia-se no pressuposto da "regularidade da natureza" e a imagem dos cientistas é vista como "obstinados colectores de factos", generalizando-os em leis, acumulando cada vez mais factos, inferindo leis e deduzindo factos a partir das leis (Carrilho 1994, 23-24).

O racionalismo clássico de Descartes traz valor ao pensamento e à razão. Se por um lado faz nascer as ideias no espírito humano, por outro valoriza sobretudo um

método uniforme de pensar. Existe um "poder de bem julgar e distinguir o verdadeiro do falso, que é propriamente o que se chama o bom senso ou razão" (Descartes (1637) 1982, 5), "o método que permite descobrir as verdades, e que é o accionamento da razão", como explica Beyssade (1972, 26). Para Descartes, este método:

> são regras certas e fáceis, pela observação das quais se terá a certeza de nunca tomar um erro por uma verdade e, sem gastar com ele inutilmente as forças do seu espírito, mas acrescentando o seu saber por um progresso contínuo, de chegar ao conhecimento de tudo o que se for capaz. (*in* Beyssade 1972, 27)

Estas regras do método conduzem o espírito por duas operações intelectuais, a intuição e a dedução, e, embora não ensine propriamente tais operações, o método permite evitar as más utilizações. Explicadas por Beyssade (*op. cit.*, 27) "a intuição é a apreensão imediata, por um acto simples da compreensão, duma evidência absolutamente indubitável" e "a dedução é o acto de concluir, a partir de certas verdades tomadas como princípios, outras que lhes estão necessariamente ligadas". Querendo construir uma ciência certa, Descartes duvida de tudo. O certo é o que resiste à dúvida que é preciso praticar a fim de descobrir o que ela não consegue abalar. É nesse sentido que ela é metódica, como um meio utilizado para que a razão humana descubra a verdade.

Desde então a ideia de racionalidade permanece fortemente ligada a qualquer reflexão sobre a actividade científica. Aliás, como refere Newton-Smith (1987), a comunidade científica vê-se a si própria como o autêntico paradigma da racionalidade institucionalizada. Porque se supõe em posse de algo, o método científico, engendra uma "lógica de justificação", o que significa que proporciona uma técnica para a valorização objectiva dos méritos das teorias científicas. Os membros da comunidade aplicam, desapaixonada e desinteressadamente, o método científico, o que lhes permite avançar passo a passo pelo caminho do real que conduz à meta do conhecimento e do domínio da natureza. Como diz ainda Newton-Smith (1987), quase todos os filósofos da ciência

do século XIX tinham esta imagem de supremacia e autoridade da ciência sobre as outras formas de conhecimento e de actividade humana.

2.4.2. O Positivismo como Doutrina Científica

A tentativa de avançar abordagens interessantes sobre o conhecimento científico afirma-se no século XIX, quando a irreversibilidade do progresso científico se tornou incontroverso, passando portanto a ser solidária de uma concepção global da própria actividade científica (Carrilho 1991). Procura-se explicitar o segredo do seu progresso e legislar sobre o seu valor e objectivos, e, neste sentido, o positivismo pretendeu dar-lhe orientações.

Augusto Comte (1830 *in* Carrilho 1991) considera que "cada uma das nossas principais concepções, cada ramo dos nossos conhecimentos, passa sucessivamente por três estados teóricos diferentes: o teológico ou fictício, o metafísico ou abstracto, o científico ou positivo" (*op. cit.*, 4). No estado positivo, o mais evoluído:

> o espírito humano, reconhecendo a impossibilidade de obter noções absolutas, renuncia a procurar a origem e o destino do universo e a conhecer as causas íntimas dos fenómenos, para se dedicar apenas à descoberta, pelo uso bem combinado do raciocínio e da observação, das suas leis efectivas, isto é, das suas relações invariáveis de sucessão e de similitude. A explicação dos factos, reduzida então aos seus termos reais, não é mais, a partir daqui, do que a ligação que se estabelece entre os diversos fenómenos particulares e alguns factos gerais cujo número tende, com os progressos da ciência, a diminuir cada vez mais. (*op. cit.*, 6).

Para Comte é incontestável que não há conhecimentos reais para lá dos que se baseiam em factos observados e "qualquer teoria positiva deve necessariamente basear-se em observações" mas "é igualmente perceptível que, para poder proceder à

observação o nosso espírito tem necessidade de uma teoria qualquer" para que os factos se tornem evidentes aos olhos (*op. cit.*, 8-9).

De acordo com o próprio Comte, "o traço fundamental da filosofia positiva é considerar todos os fenómenos como sujeitos a leis naturais invariáveis, sendo o fim de todos os nossos esforços a sua descoberta precisa e a sua redução ao menor número possível, e considerando como absolutamente inacessível e vazio de sentido a procura daquilo a que se chama as causas" (*op. cit.*, 13). Assim a sua intenção é "explicar" os fenómenos reais. A explicação reduz-se a termos reais e consiste em pôr em evidência o elo que une os fenómenos particulares a alguns factos gerais que se podem chamar "leis", cujo número diminui à medida que a ciência progride (Bastide 1984, 29).

O princípio da homogeneidade das ciências (Bastide 1984, 30) considera que a filosofia positiva tende a abarcar todas as ordens de fenómenos, quando a "física social" integrar o sistema das "ciências de observação"; é este o ideal de reduzir todas as áreas do conhecimento ao modelo da física para alcançar um estado fixo e homogéneo.

Quanto ao método, considera que não é susceptível de ser estudado independentemente das suas aplicações. Contudo, é claro para ele que "todos os nossos conhecimentos devem fundar-se na observação" e que o método de os produzir se dirige "ora dos factos aos princípios ora dos princípios aos factos" (*op. cit.*, 22).

O positivismo é, nas palavras de Bastide (1984, 43), "francamente desconcertante pela sua segurança, pelo seu gosto pela precisão numérica, as suas exclusões e as suas ilusões estratégicas".

2.4.3. O Círculo de Viena e o Empirismo Lógico.

Durante séculos pensou-se que a lógica indutiva fornecesse regras precisas para extrair da experiência princípios científicos e aceder a verdades inquestionáveis. Bacon,

no século XVII, e Stuart Mill, no século XIX, estabeleceram regras indutivas bem definidas que perdurariam.

Hans Hahn, Otto Neurath e Rudolf Carnap subscreveram, em 1929, um opúsculo com apenas sessenta páginas, que estava destinado a constituir o manifesto do célebre Círculo de Viena, dedicando-o a Schlick (Pasquinelli 1983, 9), e a que se atribui um papel fundador do movimento do empirismo lógico (Carrilho 1994, 26). Não foram poucas as discussões desencadeadas acerca do significado e do alcance do Círculo de Viena na história da filosofia contemporânea. Com ele procurava-se sobretudo lançar as bases de um vasto movimento de reformulação da compreensão e análise do conhecimento humano, com destaque para o conhecimento científico (Carrilho 1994, 26).

O argumento central de todo o opúsculo é a "concepção científica do mundo" esboçada por Carnap como "construção lógica do mundo". Dois atributos basilares emergem desta concepção defendida pelos vienenses: circunscrevendo o campo do conhecimento ao domínio do conhecimento empírico valorizador da experiência, constitui por um lado uma renovada forma de positivismo ou empirismo, enquanto por outro, ao reivindicar como instrumento sistemático de clarificação filosófica o método da análise lógica da linguagem, por Russel e Wittgenstein, atinge uma tradição psicologizante da própria gnoseologia empírico-positivista.

A "construção lógica do mundo" implica uma teoria do conhecimento que atribui valor dominante às condições estruturais entre as relações intrínsecas da experiência e as suas próprias condições de atendibilidade intersubjectiva. A atenção está concentrada, na riqueza sistemática e na pregnância empírica do método hipotético-dedutivo.

Estabelece-se no último capítulo do manifesto que a filosofia se dissolve verdadeiramente na clarificação lógica dos conceitos, dos princípios e do método inerente ao trabalho dos cientistas (Pasquinelli 1983, 14).

A orientação de pensamento apresentado como novo positivismo ou empirismo lógico (análise da consciência em termos exclusivamente empíricos e lógico-matemáticos) é inerente às raízes do Manifesto Vienense (Pasquinelli 1983, 26).

Para entender melhor o alcance histórico dos motivos empírico-fenomenistas, lógico-racionalistas, convencionalistas e antimetafísicos, apenas aflorados na carnapiana "construção lógica do mundo", é necessário considerar-se a verdadeira essência revolucionária da doutrina em causa: a concepção e o uso sistemático da técnica introduzida por Carnap com o nome de "reconstrução racional", que significa abandonar a ideia tradicional de gnoseologia como descrição do 'efectivo' processo genético do conhecimento, descrição fundada na confrontação de factos psicológicos, ou similares, na qual questões de validade e questões de origem, naquilo que diz respeito aos conceitos e às asserções, tendem a ser sobrepostas e confundidas. Ao mesmo tempo, o recurso ao processo de reconstrução racional permite à teoria gnoseológica atingir um carácter profundamente novo, assegurando a possibilidade de concentrar o próprio interesse sobre determinados problemas críticos e de validade do conhecer, bem como, isolando-os oportunamente dos correlativos problemas factuais e de os submeter a rigoroso tratamento analítico. Tal equivale a considerar problemas de justificação empírico-racional e intersubjectiva, quer dos factores conceptuais, quer das asserções, de que consta o saber científico.

"O requisito da justificação de todas as teses torna irrelevante para a filosofia toda e qualquer contribuição especulativa e poética (...). O que sobretudo conta é que o cientista justifica os seus enunciados não irracionalmente, mas em termos empíricos e racionais" (Pasquinelli 1983, 30). Clarificando melhor:

> Só enunciados que consistam unicamente de constantes lógicas e de termos construíveis com base na experiência são significantes no sentido estrito da palavra. Por conseguinte, a teoria da constituição pode ser usada para libertar a ciência e a filosofia de proposições sem significado e de pseudoproblemas. Todas as questões dotadas de sentido admitem também, por via de princípio, uma resposta, afirmativa ou negativa. Não há enigmas insolúveis; a aparente insolubilidade de certas questões é

> devida ao facto de que elas assentam em assuntos sem significado. (Jorgensen *in* Pasquinelli 1983, 37)

Uma vez unificada a linguagem científica (linguagem fisicalista entendida como sistema linguístico universal e todas as outras reconvertíveis, mediante definições, aos próprios termos físicos), atinge-se a ciência unitária.

Do início dos anos 40 até aproximadamente 1970, Carnap fixou paulatinamente o seu interesse no tema da probabilidade e da indução (Pasquinelli 1983, 91).

O êxito de um processo indutivo, de facto, inclui como parte essencial o valor averiguado para o grau de confirmação, em vez de consistir apenas no estabelecimento do correspondente asserto. Por conseguinte, a inferência indutiva, diferentemente da dedutiva, decide-se, mais do que na aquisição de uma asserção, na determinação do seu grau de confirmação (Pasquinelli 1983, 96-97).

A Wittgenstein é atribuída, como refere Carrilho (1994, 27), a paternidade do princípio de verificação, cuja importância para os trabalhos do Círculo foi determinante. É no contexto deste "método de verificação" que Carnap procura estabelecer (em 1928, na "Construção Lógica do Mundo") um método para a determinação de sentido de uma proposição. O problema que se colocava é que vários enunciados das ciências resistem ao critério de verificação, quando é logicamente impossível fazer corresponder a algumas proposições um conjunto de enunciados de base. Carnap reformula o critério de verificação no sentido de obter uma confirmação gradual de proposições e distingue confirmabilidade de testabilidade, "conforme se possa proceder de facto às observações necessárias ou, apenas, imaginá-las" (Carrilho 1994, 28). Contudo, apesar da flexibilização, Carnap continua a advogar o critério da confirmação, mantendo-se fiel aos seus princípios empiristas.

Assim, em síntese, podemos dizer que o empirismo, o racionalismo clássico e ainda o positivismo de Comte, foram recuperados e reorganizados, culminando no positivismo e empirismo lógicos da escola de Viena. Os aspectos gerais destas doutrinas desenham o Quadro Tradicional da Epistemologia, que permanece, assim, ligado a aspectos

ancestrais de imagens da ciência moderna, pós-galileana, e integra a racionalidade científica desde a antiguidade clássica.

São contributos para uma imagem tradicional da ciência que é aceite em todos os debates que envolvem o problema da análise do acesso às verdades científicas e da análise do método experimental (Geymonat sd).

2.4.4. Imagens Tradicionais da Ciência

2.4.4.1. A Metodologia Científica

A Relação Observação/Teoria e um Método Científico

Na Filosofia tradicional da Ciência existe uma separação entre observação e elaboração de teorias, e estas são definitivas (Geymonat sd).

Para Comte, a sua aspiração é que a observação seja o atributo característico de qualquer sistema de conhecimento, o que lhe permite tornar-se científico. O seu ponto de vista, "culminante e definitivo", conduz a uma generalização "científica ou positiva" do pensamento abrangente, de tal modo que pode mesmo "elevar a política à categoria das ciências de observação". Deste ponto de vista, o espírito entrega-se a descobrir, pelo raciocínio e pela observação, as leis efectivas que regem os fenómenos A explicação reduz-se a termos reais e consiste em pôr em evidência o elo que une os fenómenos particulares a alguns factos gerais que se podem chamar "leis". A explicação utiliza a observação, a experimentação e o método comparativo. Numa época a que chama de científica e industrial todas as ideias teóricas particulares se tornam positivas e as ideias gerais tendem para isso. "A observação dominou a imaginação no que diz respeito às primeiras (ideias particulares) e destronou-a, sem ainda lhe ter tomado o lugar, no que respeita às segundas (ideias gerais)" (Comte 1883, Opúsculo de Filosofia Social, 147-149 *in* Pasquinelli 1983).

O que Comte considera é que o espírito humano parte do conhecido para o desconhecido, pela observação e pelo raciocínio, ou seja, do particular para o global, no que respeita às ciências físicas. Os fenómenos observáveis são possíveis de poderem ser classificados segundo um pequeno número de categorias naturais, dispostas de tal modo que o estudo racional de cada categoria esteja fundado sobre o conhecimento das leis principais da categoria precedente e se torne o fundamento do estudo da seguinte. Uma apologia do valor da observação provém da necessidade que Comte sente de libertar o espírito científico da sua "especialidade cega e dispersiva".

A fé positivista expõe directamente as leis efectivas dos diversos fenómenos observáveis, quer interiores, quer exteriores, isto é, as suas relações constantes de sucessão e de semelhança que nos permite prevê-los, uns em função dos outros. Nas suas concepções teóricas, explica sempre "como" e nunca "porquê". Mas, quando indica os meios de orientar a nossa actividade, faz, pelo contrário, prevalecer sempre considerações do fim, pois o efeito prático emana, decerto, de uma vontade inteligente.

"O dogma fundamental da religião universal consiste, portanto, na existência constatada de uma ordem imutável à qual todos os géneros de acontecimentos estão sujeitos" (Comte sd, Catecismo positivista, 53 *in* Pasquinelli 1983).

Na imagem da ciência tradicional a relação fundamental é do facto à hipótese, como processo de descoberta da relação efeito-causa, ou, facto-lei. As ciências da natureza são, assim, tomadas por concretas ou reais, pelo seu objecto, e têm como objectivo a interpretação dos factos observáveis (ciências dos factos).

Observar é, de modo geral, examinar atentamente, com o fim de compreender, e a observação científica é o exame atento dos factos, orientado para a sua explicação. As teorias são hipóteses mediante as quais se buscam, em ciência, soluções verosímeis para os problemas que os factos suscitam. Logo, nesta visão, a ciência parte dos factos, uma vez que estão à vista. As causas e as leis estão, por via da regra, ocultas. Ainda, para

Stuart Mill, a observação é o eixo de orientação da procura do conhecimento, por ser a realidade o objecto da ciência.

O Papel da experiência

A ideia clássica é uma imagem indutivista da experiência, a partir da qual se extraem princípios seguros, contrariamente à ideia contemporânea de que tais princípios não poderão ser senão princípios hipotéticos "sugeridos" pela experiência e não deduzidos dela (Geymonat sd). Nesta perspectiva idealista, a preparação da experiência envolve apenas aspectos tecnológicos e não aspectos essencialmente teóricos.

No método indutivo clássico ocorre generalização espontânea dos dados da experiência. Se a hipótese é sugerida pelos factos (observação) e sujeita à sua prova (verificação), o método tem o nome de experimental. Nas ciências tipicamente experimentais (que a ideia clássica confunde com indutivas), a validade da hipótese depende do confronto com a experiência. Esta é entendida como o conjunto de operações destinadas a verificar as hipóteses (no sentido de processos). A noção de objectividade da ciência tradicional tem como garantia a experiência como fonte de observação e método de verificação, e tem um carácter impessoal, no sentido de que um investigador, qualquer que seja, em presença dos mesmos objectos e perante as mesmas provas, deve chegar às mesmas conclusões.

Comte, na linha do pensamento tradicional, pretende analisar com exactidão as circunstâncias do emergir dos fenómenos, e a explicação, que se reduz a termos reais, utiliza a observação, a experimentação e o método comparativo (Bastide 1984, 31).

2.4.4.2. O Sentido da Descoberta Científica

Descoberta científica e acumulação de conhecimento

A imagem de circunspecção com que a ciência é olhada faz ainda conter em larga medida a percepção de que questões científicas encontram necessariamente respostas não ambíguas e únicas (Silverman 1992). A imagem que ainda é alimentada é a de verdades pontuais parcelares, discretas e aditivas (Kuhn 1962), e entre os não cientistas prevalece a perspectiva de que a ciência é construída sobre verdades não problemáticas e que compreende métodos lógicos para as validar (Silverman 1992). Na imagem tradicional, assim sendo, a História da Ciência respeita apenas à cronologia das descobertas, como se fosse possível identificar, sempre e de forma não problemática, quem, quando e onde, de forma definitiva e inequívoca, descobriu tal ou tal fenómeno (Kuhn 1962), por prevalecer a imagem de que a ciência se desenvolve por meio de acumulações de novas descobertas e inventos individuais sem estrutura interna, sempre no alcance de verdades absolutas (Geymonat sd). É uma imagem em que o desenvolvimento da ciência cabe à lógica indutivista que fornece regras precisas para extrair da experiência os princípios científicos aos quais deve obedecer o curso dos fenómenos (Geymonat sd), e o progresso científico, não controverso, consiste unicamente no acrescentar de novas verdades ao conjunto das já adquiridas, sempre de forma linear, não polémica, como se o conhecimento fosse sempre por direcções esperadas, numa visão clássica, na qual é sempre possível chegar a encontrar resultados definitivos. É uma ideia de perfeição e certeza do conhecimento científico.

A indução de Bacon representa um salto no desconhecido e é condição e instrumento da ciência. O princípio do determinismo ou constância da universalidade das leis justifica o salto no desconhecido e torna a ciência possível. O raciocínio indutivo, caminhando do efeito para a causa, é entendido como um raciocínio de descoberta, que investiga e descobre, baseado na ideia de inteligibilidade dos factos e de

constância das leis, que não admitem excepção. A indução é assim a experiência de factos que se repetem, consistindo na generalização espontânea dos dados da experiência. O método em ciência, entendido pelos filósofos clássicos, é o conjunto dos processos utilizados na descoberta ou demonstração da verdade. A perspectiva de Descartes (1982) considera o método como "um conjunto de regras certas e fáceis, cuja observância exacta nos tornará seguros de jamais tomar um erro por uma verdade (...) crescendo o nosso saber por um progresso contínuo" e eliminando a possibilidade da existência de controvérsias dinâmicas na construção do conhecimento. As ciências da natureza são assim consideradas experimentais ou indutivas, pelo seu método.

Torna-se impessoal a construção do conhecimento. O que caracteriza a actividade científica e determina a objectividade da ciência não é a ausência do sujeito, mas a indeterminação da relação sujeito-objecto, que é entendida como garante da universalidade. Objectivo, impessoal e universal são correspondentes em ciência. A qualidade dos conhecimentos obtidos depende de um conjunto de regras metodológicas e éticas, o *ethos* da ciência, sempre presentes ao espírito do investigador, entre as quais: respeito pelos factos que implica rigor na observação, exactidão na medida, escrúpulo na verificação e paixão pela verdade. É entendido que a ciência amplia, em proporções sempre crescentes, o conhecimento da realidade, a acção e o poder do homem sobre ela.

Concepção de Verdade e papel do Erro

As teorias clássicas da ciência revêem-se numa imagem tradicional em que a ciência surge como conhecimento de verdades absolutas e indiscutíveis, os erros não têm interesse e existem critérios bem determinados de verdade. A ciência é vista como um aglomerado de verdades factuais (Geymonat sd; Silverman 1992).

Comte (século XIX) pretendeu fazer a elaboração de um "sistema geral", elevando toda a forma de conhecimento humano à "categoria das ciências da obsevação", como ponto de vista "culminante e definitivo" conducente a uma "generalização importante"

que permitisse ir mais longe. A maturidade do conhecimento seria assim, desta perspectiva, o conhecimento científico ou positivo.

Do ponto de vista de Augusto Comte, o espírito positivo não tem a pretensão de procurar a causa geradora dos fenómenos, mas de analisar com exactidão as circunstâncias dos fenómenos, pretendendo que o seu positivismo tenha carácter impessoal.

A verdade parece possível de ser alcançada, partindo o espírito humano do conhecido para o desconhecido, considerando primeiro os factos mais particulares, para se elevar depois gradualmente à descoberta de leis gerais que se tornam o ponto de partida de novas buscas. O método, tomado numa linha de carácter positivo, não permite chegar a menos que verdades.

Aliás, a própria acepção mais comum e antiga do termo "positivo", apresentada pelo próprio Comte, designa o "real", por oposição ao quimérico. O espírito filosófico é caracterizado pela sua constante atenção às investigações verdadeiramente acessíveis à nossa inteligência, excluindo permanentemente os mistérios impenetráveis de que se ocupam os espíritos não científicos. Noutra significação usual, esta "feliz expressão", no dizer do autor, é utilizada para qualificar a oposição entre a "certeza" e a indecisão, designando a oposição a dúvidas indefinidas e a debates intermináveis. Outra acepção, na sequência da anterior e que caracteriza a perspectiva sob a qual a ideia de verdade é encarada pela posição que se veio a tomar em relação à ciência como a tradicional, consiste em opor o "preciso" ao vago, no sentido de relembrar a tendência constante do espírito para obter sempre o grau de precisão compatível com a natureza dos fenómenos e a exigência do pensador, sem coacção do sobrenatural. Uma outra aplicação universal provém da utilização do termo "positivo" como contrário de "negativo", destinado a organizar um sistema de verdade plenamente aceite.

A Filosofia de Comte pretende apreciar sempre o valor próprio das teorias que lhe são mais opostas, sem chegar nunca, no entanto, a qualquer vã concessão susceptível de

alterar a clareza dos seus pontos de vista ou a firmeza das suas decisões. O próprio Comte lhe chama uma "Filosofia definitiva", universal, com a intenção de desenvolver o tal carácter elementar da universalidade.

O dogma fundamental da religião universal consiste, portanto, na existência constatada de uma ordem imutável à qual todos os géneros de acontecimentos estão sujeitos. Esta ordem é, ao mesmo tempo, objectiva e subjectiva, e as leis físicas supõem, de facto, leis lógicas, e reciprocamente.

Não há espaço nem tempo para a dúvida, menos ainda para o erro (Comte).

Remontando à perspectiva clássica de Aristóteles é possível estabelecer uma ciência precisa. Para que uma proposição seja inevitavelmente verdadeira, é preciso que tenha sido correctamente deduzida de proposições originariamente exactas, e, sendo assim, possui valor científico e pode ser classificada como elemento do conhecimento humano.

A experiência desempenha um papel de relevo para garantir a posse de proposições originais materialmente verdadeiras. Para "o Filósofo" só existe ciência do universal, sendo os seres, que são em número infinito, alguma coisa de uno e de idêntico, na medida em que possuem qualquer atributo universal e uma verdadeira causa final. Pressupõe que a lógica conduza o espírito na aquisição da verdade e na exclusão do erro.

Bacon considerava a indução como um salto no desconhecido e condição e instrumento da ciência. É o defendido princípio do determinismo ou constância da universalidade das leis que justifica o salto no desconhecido e torna a ciência possível, permitindo interpretar os factos pelo recurso a causas (inteligibilidade atribuída aos factos) e inferir do passado o futuro (constância das leis, que não admitem excepções). Assim, a ciência descobre ou demonstra verdades, e o método, como conjunto de regras certas e fáceis, jamais permite tomar um erro por uma verdade. Estes, verdade e erro,

são antagónicos e as verdades são seguras e definitivas. O conhecimento apenas aumenta, como também é defendido por Descartes, e as ciências da natureza são consideradas concretas ou reais, pelo seu objecto.

A ciência é definida como buscando o conhecimento da estrutura dos seres e das relações dos fenómenos, como esforço de interpretação racional e objectiva do universo como realidade. Do conceito de ciência faz parte a noção de objectividade, que tem como garantia a experiência, o carácter impessoal da observação e da verificação. Um investigador idóneo, em presença dos mesmos objectos e perante as mesmas provas, deve chegar às mesmas conclusões. Paixão da veracidade e ausência de erros são atributos que caracterizam o cientista. Tal como segundo Comte, o homem é capaz de um conhecimento válido (objectivo e certo) desde que se limite ao estudo dos fenómenos, ao "como", às suas leis.

A ciência é encarada como interpretação racional e objectiva de um universo tomado como realidade: a verdade absoluta é possível de ser alcançada, o erro deve ser eliminado. Verdade e erro são antagónicos e as verdades são seguras e definitivas.

2.4.4.3. Relação da Ciência com a Vida Social e com a Tecnologia

Imagem (e estatuto) dos Cientistas, comunicação de resultados e papel da comunidade científica

Como espírito enciclopédico, Aristóteles interessava-se por tudo, e, no total, as suas obras abarcam o universo (Cresson 1981). Foi o primeiro a estabelecer indicações precisas do modo como deve operar quem procure efectuar uma demonstração ou usar o silogismo indutivo de forma correcta. Contudo, para Aristóteles, é manifesto que a ciência a adquirir é a das causas primeiras num sistema sobre a ordem do mundo e a

harmonia de conjunto. Daí ser, antes, um sistema puramente filosófico, embora unificador, e o cientista confundir-se com o filósofo.

O indutivismo de Bacon (século XVII) baseia-se na suposta ordem e constância da natureza, na medida em que se queira compreender o universo e formular leis que não admitem excepções. O cientista é julgado pelo estrito cumprimento de um método tomado como infalível na obtenção de verdades incontestáveis.

O método, ainda como conjunto de processos utilizados na descoberta ou demonstração da verdade, apresenta-se, para Descartes, como o conjunto de regras certas e fáceis, cuja observância exacta tornará, quem as respeitar, igualmente seguro de jamais tomar um erro por uma verdade.

Galileu introduziu inovações no modo de investigação da natureza, essencialmente uma nova forma de racionalidade, concebendo, por exemplo, experiências ideais, e, acima de tudo, tomando consciência de que os seus resultados não eram exactos, pois ele próprio sabia que existiam causas de erros inevitáveis. Não parece haver dúvida da existência/ocorrência de um corte com o tradicionalismo anterior (Paixão 1995). O conhecimento, contudo, era divulgado em livros cuja autorização de publicação era pedida à igreja. Embora pretendendo separar a ciência da religião, os principais limites à divulgação do conhecimento estavam no poder temporal da igreja e não ainda numa comunidade científica organizada, embora desde 1603 tivesse existido a primeira Academia das Ciências (Roma), de que Galileu foi membro, mas que não tinha exactamente a função e a autoridade de reconhecimento do conhecimento científico. Contudo, o trabalho (essencialmente individual) e o conhecimento científicos passaram a ser partilhados. Viver da ciência era algo quase sem sentido nos séculos XVII e XVIII... Foi o prelúdio da Era da Ciência, um tempo no qual a investigação científica era ainda uma busca, prazer de apaixonados, e não uma ocupação de cientistas (Knight 1988, 15).

A linha de valorização da ciência conduz ao culto de a absolutizar, representada pelo cientismo proveniente das pretensões do positivismo. Para Comte, o homem tem a

garantia do conhecimento válido (objectivo e certo) desde que se limite ao estudo dos fenómenos, ao seu "como", ou seja, às suas leis. A noção de objectividade, imprescindível em ciência, tem como garantia a experiência.

Sistematiza-se o trabalho de investigação científica e organizam-se as comunidades científicas, na acepção moderna. A invenção da imprensa tornou a ciência de domínio público. Textos e tabelas de números puderam reproduzir-se com exactidão e divulgaram-se amplamente, podendo difundir-se rapidamente o trabalho dos cientistas, de maneira que a ciência se converteu num assunto cumulativo e os cientistas puderam elevar-se sobre os ombros dos seus predecessores. A criação das primeiras revistas e academias científicas deu forma institucional à nova actividade (Knight 1988, 14). No final do século XIX, o típico de um cientista era ler livros e revistas da sua própria especialidade. Com tudo isto se produziu uma mudança na natureza e alcance das sociedades científicas (*op. cit.*, 16). Nos finais do século XIX todas as sociedades científicas eram sociedades de ilustres, no sentido de que só estavam abertas a pessoas qualificadas... As revistas apareciam agora com secções especializadas.... Pode temer-se que, comparada com a ciência de Galileu e de Harvey, a do século XIX pareça misteriosa e inacessível, excepto para os que desfrutam desse tipo de assuntos (ideia afastada de cultura científica e de ciência para todos - especialização, imagem de inacessibilidade) (*op. cit.*, 18).

O êxtase que acompanha a percepção da descoberta científica e as aplicações crescentes das descobertas conduz a uma imagem do cientista como um herói. A discussão é um aspecto muito importante e os artigos contêm sempre uma intenção retórica, escritos para convencer os leitores (Knight 1988, 19).

Pode reconhecer-se o século XIX como a Era da Ciência, pois os cientistas no seu conjunto foram optimistas. Podiam permitir-se a isso. Afinal as suas investigações produziam frutos e eram reconhecidas; o futuro parecia seu. Por toda a parte para onde olhavam viam novos mundos a conquistar. A Ciência converteu-se numa profissão... a

mudança de uma sociedade industrial baseada na ciência e na tecnologia resultou tremendo (Knight 1988, 20). Se existem, as disputas científicas são resolvidas, pela comunidade científica, em vencedores e vencidos (Silverman 1992). Kuhn (1975) refere que a imagem que tem sido sustentada é a de que a comunidade científica é imune a crenças e possuidora de padrões de verdades inquestionáveis, na sua autoridade tradicional, aquela de que foi investida pela ideia de verdades dogmáticas, que a ciência presumia. Existe, assim, uma imagem pacífica da comunidade científica e não são admitidas as acérrimas polémicas que a caracterizam. O século XIX converteu-se na Era da Ciência, em parte porque naqueles anos a ciência não foi simplesmente uma actividade intelectual mas também uma actividade prática e social, um agente de mudança social, como se tinha profetizado. A ciência foi uma actividade realizada por grupos e equipas com complexas interrelações, que partilhavam uma educação - geralmente nas universidades, que eram centros de investigação mais que de ensino (Knight 1988, 21)

A ideia de que as questões científicas têm necessariamente respostas não ambíguas e únicas, de que um pronunciamento científico publicado ou publicável traz o "imprimatur" da comunidade científica inteira, reforça a imagem de que o conhecimento científico é qualquer coisa de inatacável e indiscutível (Silverman 1992). Em lugar de a estender a outras áreas, os cientistas dogmáticos dos finais do século XIX deixaram que a ciência se erigisse como segunda cultura. Em consequência ambas as culturas se empobreceram....

Prevalece uma imagem de não controvérsia científica em torno das descobertas e das publicações, que dá a impressão errada de como os cientistas trabalham. A perspectiva clássica é, então, de que os cientistas elaboram idealmente o seu trabalho sem erros ou preconceitos e de que objectividade e clareza de espírito são atributos que os acompanham.

Relação da Ciência com a vida quotidiana - A Tecnologia como utilização da Ciência e o ideal da Revolução Industrial

A época moderna, da ciência pós-galileana, conduziu a um alargamento considerável do campo dos conhecimentos humanos, à exploração de novos domínios e ao aprofundamento de outros. Mas esta extraordinária profusão de descobertas de toda a ordem conduziu a uma renovação completa da visão do mundo, e só foi possível pela emergência de novas categorias de pensamento (Aubert 1965, 126). A ciência moderna deu a prioridade ao quantitativo, a novas categorias conceptuais e a um método concebido como o único meio de compreender o mundo de modo objectivo, pelo estabelecimento de relações quantitativas entre os fenómenos observados. Esta nova forma de racionalidade revelou-se fecunda, em particular na sua exploração pela técnica, permitindo ao homem a ilusão de dominar a natureza. É este, de acordo com Aubert (*op. cit.*, 127), o aspecto do pensamento moderno que conduziu a uma nova era da existência da humanidade e em particular da sua relação com a ciência, criando uma imagem que perduraria.

O conjunto de alterações foi de tal modo extenso e importante que criou uma nova ordem social dominada pela admiração da tecnologia e da indústria que a ciência permitiu.

A primeira descoberta importante que havia de dar a Revolução Industrial foi a aplicação do carvão mineral ao fabrico do ferro, no século XVIII. É em Birmingham, centro de indústria do ferro, que se instala a primeira máquina a vapor construída por Watt em 1769 (Knight 1988). Até 1800 foram instaladas na Grã-Bretanha cerca de 500 máquinas a vapor, tornando-se o maior obstáculo à sua difusão a mão de obra especializada que o seu funcionamento exigia. Mas foi na indústria têxtil que se realizaram as transformações que alteraram mais rápida e profundamente o modo de produção anterior, artesanal, embaratecendo os produtos e criando a classe operária. Foi também na Grã-Bretanha que a industrialização mais cedo começou a dar resultados

práticos, na subida geral do nível de vida (Macedo sd). O trabalho em cadeia tornou-se uma característica. A industrialização iniciou-se cerca de 1830, sendo os têxteis a indústria motora, e mais tarde a metalurgia e os caminhos de ferro, armamento e construção naval. Cerca de 1865 desencadeou-se a segunda revolução industrial, realizada já dentro de uma tecnologia inteiramente orientada pela ciência. Em 1863 constrói-se o primeiro farol eléctrico e Solvay descobre um processo de fabricar soda, fundamental para a indústria química. O dínamo, descoberto já nos finais do século XIX, permite o manuseio fácil da energia eléctrica, transformada em energia mecânica. Resolvido o seu transporte à distância (1883), fica facilitada a instalação de indústrias onde, com o carvão, não tinham chegado. Pouco mais tarde constrói-se o primeiro motor de explosão (1876) e consegue fazer-se o aproveitamento industrial dos minérios fosfatados e o aproveitamento do alumínio. Outras indústrias, armamento, tipografia, química, adubos, tomam um papel essencial.

Também por esta altura, desenvolve-se uma alteração considerável no modo de produção, que leva até às últimas consequências o princípio da divisão do trabalho e da fabricação em série: o taylorismo. A vida económica foi dominada por este grande surto industrial, em constante alargamento. A luta pelos mercados torna-se uma característica do capitalismo industrial (Macedo sd).

A imagem é a de tecnologia como ciência aplicada. Esta imagem tradicional valorizava o desenvolvimento científico como aquele que traria prosperidade e reduziria a miséria. A investigação científica, em direcção a uma especialização crescente, prometia mudanças maiores e melhores. Tal ocorreria mediante a aplicação da ciência ao que previamente eram actividades exclusivamente artesanais, e também pela adopção geral de formas científicas de pensar. Pensa-se que é real aquilo que se pode comprovar cientificamente. "Este foi o programa da Era da Ciência, uma Era de inocência e de fé" (Knight 1988, 15).

Este era o poder do cientismo, a ideia de que a ciência é a guia de toda a forma de ser e de que proporcionará a resposta a todas as perguntas que se possam pôr. Por detrás disto estava a crença de que as respostas dadas pelas ciências eram independentes do tempo e do espaço, que eram verdadeiras e que o método científico conduzia à certeza e ao progresso (Knight 1988, 17). A certeza era o que a ciência, ou aquele "método científico", podia oferecer (Knight 1988, 247).

As diferentes formas de vida das pessoas, principalmente da Europa e da América do Norte, tinham muito a ver com a ciência aplicada. A "segunda vaga" de Toffler (Toffler 1984), "do gigantesco avanço tecnológico", é a deste entendimento da relação da ciência com a tecnologia e com a sociedade, que teima em prevalecer como imagem.

"A segunda guerra mundial foi mais científica e na explosão da bomba atómica a ciência alcançou a sua maioridade, teve que cobrir as suas vergonhas e foi expulsa do jardim da inocência" (Knight 1988, 250). A fé na ciência foi abalada e esta passou também a ser vista como uma ameaça: desumanizante, fonte de armamentos e de mecanismos de opressão só acessível a alguns e próxima das decisões do poder político. Como qualquer outra actividade humana, a ciência pode utilizar-se para fins bons e maus, mas o relacionamento clássico da sociedade com a ciência tende a permanecer.

Síntese

A imagem tradicional da ciência consolidou-se pela emergência de novas categorias de pensamento, resultantes, em larga medida, do alargamento considerável do campo dos conhecimentos humanos.

Trata-se de uma nova representação do mundo e de uma nova inteligibilidade do real. A ciência moderna deu a prioridade ao quantitativo e a novas categorias conceptuais, e em particular a um método, concebido como o único meio de compreender o mundo de modo objectivo, pelo seguimento de passos ordenados e pelo estabelecimento de relações quantitativas entre os fenómenos observados. Esta nova

forma de racionalidade revelou-se fecunda, em particular na sua exploração pela técnica, iniciando uma investigação científica rentabilizada nas suas aplicações tecnológicas.

É o Positivismo que sintetiza a corrente do pensamento, simultaneamente fruto e imagem da ciência moderna. Este designa a mentalidade geral que prevaleceu em numerosos meios científicos do século XIX e que tomou a forma de "cientismo": pretensão de ver nas ciências exactas a única norma de saber humano, a certeza científica bastando-se a ela própria; recusa de atribuir à filosofia um papel específico; e sobretudo reduzindo todo o real, e o homem em particular, aos seus dados materiais, o ponto de partida sendo um fenomenismo radical (só conta o fenómeno e o dado sensível "positivo", é o único real). Em França, este positivismo de Comte revestiu-se de uma auréola profética e mística, espécie de religião da ciência querendo tornar-se vitoriosa sobre todas as superstições. Apesar da queda no início do século XX, o positivismo conheceu uma certa vitalidade por volta dos anos 1930-1940, sob a forma do neo-positivismo da Escola de Viena.

É indiscutível que o Positivismo contribuiu para o progresso científico, mas, entusiasmado pelo sucesso da ciência, quis tornar-se em Filosofia exclusiva, pretendendo ser a única forma de compreender o mundo e acabando por contradizer-se a si mesmo (Aubert 1965, 137). O seu principal erro foi o de se querer limitar a um puro fenomenismo, de não querer reconhecer a imensa parte jogada pela imaginação no conhecimento científico. Nunca quis admitir que a Ciência, se tem de considerar a experiência, é primeiro que tudo uma obra do pensamento abstracto; não soube ver que a experiência, mesmo no que cremos de puro "dado", "facto" bruto, é já, na realidade, qualquer coisa de construído e de abstracto para o pensamento, e que o real não é inteligível senão por esta forma.

Assim, fiel à sua pretensão, o positivismo combateu durante todo o século XIX a teoria atómica... mas, pelo atomismo, foi iniciada uma potente corrente de pensamento científico, que deveria devolver ao pensamento humano o seu primado e a sua

importância na dialéctica com a natureza, e que se dilatará pelas novas teorias científicas do século XX.

Ao mesmo tempo o terreno tornou-se propício para uma nova orientação do pensamento filosófico. No fundo da crise, Husserl diagnosticou: "as ciências estão em crise, porque elas pretenderam reduzir a verdade à facticidade, ao positivo, ao óbvio, esqueceram a referência ao homem que é o seu autor" (Aubert 1965, 162). A importante crise que se instaurou no seio das ciências contribuiu para a rotura. Contudo, três séculos de pensamento moderno, carregado de êxitos aparentes, contribuíram, sem dúvida, para culminar e fortalecer uma imagem de ciência positivista, que as novas correntes epistemológicas apelidaram de tradicional, difícil de remover do sentimento social em direcção a uma nova imagem da ciência (quadro-síntese de perspectivas epistemológicas tradicionais na Figura 2.1).

Autor	Obra(s) referência	Posição central/Princípios gerais	Produção de conhecimento/ Método Científico	Posição perante a realidade (Verdade/Erro)	Progressão do conhecimento	Imagem dos cientistas e da Comunidade científica
Bacon	1620 - Novum Organum	- Empirismo /Indutivismo A experiência e a técnica são a base e o objectivo do conhecimento científico, único reconhecido.	- Método Experimental: etapas sequenciais.	- Realismo ingénuo - Deduzir as verdades acerca da natureza a partir da evidência sensorial - Conhecimento da natureza: domínio sobre ela.	- Progressivo - Cumulativista	- Cientista trabalha individualmente
Descartes	1637 - Discurso do Método	- Racionalismo clássico Valor ao pensamento e à razão. Imagem de supremacia e autoridade da ciência sobre as outras formas de conhecimento e de actividade humana.	- Faz nascer as ideias no espírito humano mas valoriza sobretudo um método uniforme de pensar. - Conhecimento como meta e domínio da natureza.	- Realismo - Seguindo o método de dúvida metódica é possível distinguir o verdadeiro do falso. As regras do método são a intuição e a dedução.	- Progressivo - Cumulativista	- A comunidade científica começa a ver-se como paradigma da racionalidade Os cientistas aplicam desinteressadamente o método científico
Locke	1660- Ensaio sobre o entendimento humano - Ensaios sobre a Lei da Natureza.	- Empirismo não radical. -Atribui valor ao sujeito, no conhecimento, com contaminações empíricas	- "O espírito aplica, quando pensa, as ideias que nele estão" Como se chega a essas ideias: "o espírito é como uma folha branca de papel, sem nenhuma ideia. As ideias vêm da experiência". - A observação, quando aplicada, quer aos objectos sensíveis externos quer às operações internas fornece o entendimento. - Vias para chegar ao conhecimento: intuição, demonstração e sensação	- Ambicioso propósito de delimitar o que pode ser conhecido pelo homem.	- Progressivo - Cumulativista	- A comunidade científica é nascente mas principalmente desinteressada. - Trabalho dos cientistas não é visto como profissão.

Hume	1740 - Tratado da Natureza humana (fundador da teoria do conhecimento)	- Empirismo clássico. - Indução na perspectiva da sua justificação racional e lógica - todas as percepções da mente humana se reduzem a duas classes distintas: impressões (objectos imediatos de consciência de que temos experiência) ideias (objectos dos quais temos consciência quando reflectimos)	- Empirismo observacionalista: natureza hipotética da justificação da passagem de observações particulares a lei geral	- Experiência como garantia de objectividade.	- Progressivo - Cumulativista	- Investigação não é ocupação de cientistas mas busca e prazer.
Stuart Mill	1843 - Sistema de Lógica	- Indutivismo Os factos colhem-se na natureza, generalizam-se em leis, acumulam-se mais factos, inferem-se leis, deduzem-se factos...	- Método experimental baconiano Procediemnto indutivo como método de descoberta de leis e do estabelecimento da verdade	-Realismo ingénuo Indução com base na "regularidade da natureza"	- Progressivo - Cumulativista	-Cientistas como obstinados "colectores de factos"
Comte	1830- Catecismo Positivista 1883- Opúsculo de Filosofia Social	-Positivismo Intenção é explicar os fenómenos reais Princípio da homogeneidade das ciências	- A explicação reduz-se a termos reais e consiste em pôr em evidência o elo que une os fenómenos particulares a alguns factos gerais que se podem chamar leis e cujo número diminui à medida que a ciência progride. Método dependente das suas aplicações.	-Realismo dogmático. -Não há conhecimentos reais para lá dos que se baseiam em factos observados. Todos os fenómenos estão sujeitos a leis naturais invariáveis.	- Progressivo - Cumulativista	- Comunidade científica como paradigma da racionalidade.
Círculo de Viena Hahn; Neurath; Carnap ...	1929- Manifesto do Círculo de Viena	- Empirismo lógico - Movimento de reformulação da compreensão e análise do conhecimento humano com destaque para o conhecimento científico (concepção científica do mundo = construção lógica do mundo) Valorização da experiência: os enunciados consistem de constantes lógicas e de termos construíveis com base na experiência	- Método de verificação (determinação de sentido de uma proposição) Confirmação - só se pode de facto proceder à observação (princípios empíricos) - Método de análise lógica da linguagem	-Realismo dogmático	- Progressivo - Cumulativista	- O cientista trabalha enunciados em termos empíricos e racionais. - Comunidades científicas organizadas.

Figura 2.1 - Síntese de perspectivas epistemológicas tradicionais .

2.5. Posicionamento de Transição - Popper e Bunge - Crítica do Indutivismo e Realismo Crítico

No quadro epistemológico positivista, renovado pelo neo-empirismo, a verificabilidade empírica é o critério de conhecimento científico. Este neo-empirismo da Escola de Viena pretendeu a adopção do modelo do conhecimento científico, mas:

> foi também precisamente a particularidade da situação das ciências nas primeiras décadas do século XX que suscitou outras abordagens - vigorosamente críticas da perspectiva empirista - das características do conhecimento científico e, mesmo, do conhecimento em geral. (Carrilho 1994, 32)

Importantes críticas, como marco de transição, foram apresentadas por Popper a partir de 1934. Bunge segue, de perto, a linha popperiana, defendendo uma perspectiva semelhante de racionalismo cerrado e de realismo crítico.

2.5.1. Popper - Conjecturas e Refutações/ Valor do Racionalismo Crítico

Popper, em 1934, com a publicação do seu Pós-Escrito à Lógica da Descoberta Científica, procura um critério que permita distinguir a ciência da não-ciência. Como refere Carrilho (1994, 32), "de Bacon ao Círculo de Viena, passando por Mill e Mach, a resposta procurou-se sempre no método indutivo e na sua controversa generalização dos factos à lei". Seguindo a linha de Hume, sublinha que "não é possível chegar à universalidade de um enunciado a partir de nenhuma série finita de observações"

(Carrilho 1994, 33), para concluir que "o conhecimento humano não procede por indução".

Preocupado com a liberdade, criatividade e racionalidade do homem, Popper refuta uma pretensão subjectivista e céptica acerca dos limites da crítica e acerca dos limites da racionalidade, defendendo assim que a razão humana é ilimitada no que respeita à crítica, mas limitada no que respeita aos poderes de previsão (Popper 1987b, 14). E portanto, como explica Carrilho (*op. cit.*, 33), "reformula-se assim, e em profundidade, os dados desta problemática, pois em vez de se procurar resolver o problema da indução se parte do seu abandono", avançando uma outra imagem global de ciência.

Os termos "falsificável, empiricamente refutável, falsificabilidade (refutabilidade empírica)", introduziu-os em ligação com a solução do problema da demarcação. Tal problema é o de encontrar um critério que nos permita distinguir entre enunciados (teorias, hipóteses) pertencentes às ciências empíricas e outros enunciados, particularmente pseudo-científicos, pré-científicos e metafísicos, mas também enunciados matemáticos e lógicos. Há que distinguir o problema da demarcação de outro problema bem mais importante, do seu ponto de vista, que é o da verdade: teorias que se mostrou serem falsas podem, não obstante, reter o seu carácter de hipóteses empíricas, científicas.

Crendo que "não há nenhum critério infalível de verdade" (Popper 1987 a, 101), ele próprio refere que propôs um critério de demarcação - o critério da falsificabilidade. "A minha proposta foi a de que um enunciado (uma teoria, uma conjectura) tem o estatuto de pertencer às ciências empíricas se e só se for falsificável" (Popper 1987b, 19) esclarecendo que é uma questão puramente lógica.

Um enunciado ou uma teoria é falsificável, segundo o seu critério, se e só se existir, pelo menos, um falsificador potencial - pelo menos um enunciado básico possível que esteja logicamente em conflito com ela (*op. cit.*, 20). Exige-se que quem quer que seja que defenda o carácter empírico-científico de uma teoria tenha de ser capaz de especificar em que condições é que estaria disposto a considerá-la falsificada, ou seja, exigir que seja capaz de descrever, pelo menos, alguns falsificadores potenciais. É

frequente acontecer que demore muito tempo até uma falsificação ser aceite. Geralmente até que surja uma proposta nova e melhor. Considera que a falsificação desempenha, assim, um papel capital na história da ciência e, inclusivamente, que leva a uma revisão da maneira como os historiadores haviam de olhar essa história, especialmente por a maior parte acreditar, nesse tempo (1934), numa teoria indutivista da ciência (*op. cit.*, 24). Popper corta com as visões cumulativistas e continuistas da história da ciência, insistindo que toda a observação está "impregnada de teoria", e "sustenta uma concepção da história como uma evolutiva articulação e transformação de problemas que, através de tentativas e erros, se vão solucionando ou abandonando - e, assim, suscitam o aparecimento de outros, novos, problemas" (Carrilho 1994, 37).

Identifica-se como realista e considera-se próximo dos próprios cientistas, considerando que a maior parte partilham essa visão do Mundo e entendem que os objectivos da ciência são conseguir explicações cada vez melhores. Como refere Chalmers (1987, 75): "Le falsificationiste voit en la science un ensemble d'hypothèses visant à décrire avec précision ou à expliquer le comportement d'une partie du monde ou de l'universe".

Sobre a construção do conhecimento, considera a existência de casos interessantes em que refutações levaram a reconstruções teóricas revolucionárias (Popper 1987b, 25), em que:

> as refutações se limitaram a criar novas situações problemáticas, as quais, por sua vez, estimularam o pensamento imaginativo e crítico. As novas teorias que se desenvolveram não foram, pois, resultado directo das refutações; foram realizações do pensamento criativo, do homem pensante. (*op. cit.*, 28)

Para Carrilho (1994, 33, 34), "segundo esta imagem são as conjecturas que - mais estimuladas pela ousadia interpretativa do que pela sua exaustividade observacional - animam a actividade científica do homem, que assim se rege por um quadro metodológico bem diferente daquele que o positivismo prescrevia".

Defende o realismo: "Sustento a antiga teoria da verdade" (Popper 1987b, 29) "segundo a qual a verdade é a concordância entre os factos e o que é afirmado". E nega

o relativismo identificando-o com o fideísmo, teoria segundo a qual um cientista tem de ter fé na teoria que propõe, considerando esse um aspecto em que discorda de Kuhn. Outro ponto de divergência é a ênfase que é dada à crítica racional objectiva: "vejo como característica própria da ciência, tanto da antiga como da moderna, a abordagem crítica das teorias do ponto de vista de saber se elas são verdadeiras ou falsas". Na sua posição estritamente internalista, considera ainda o facto de Kuhn não ver a grande importância das muitas revoluções puramente científicas que não estão ligadas a revoluções ideológicas. Contudo refere:

> Mas a respeito quer da falsificabilidade, quer da impossibilidade de haver provas terminantes de falsificação, e do papel que estas desempenham na história das ciências e das revoluções científicas, não me parece que haja qualquer diferença significativa entre Kuhn e eu. (*op. cit.*, 30)

Recusando-se a ser o homem que substituíra o verificacionismo pelo falsificacionismo, refere:

> Acontece que o verdadeiro cerne do meu pensamento acerca do conhecimento humano é o falibilismo e a abordagem crítica (...) A minha ideia central acerca do conhecimento é a de que ele se baseia em conhecimentos herdados. A sua natureza é a de expectativas inconscientes. Desenvolve-se sempre como resultado da modificação de conhecimentos prévios. A modificação é (ou é como) uma mutação: vem de dentro, é intuitiva ou marcadamente imaginativa. Tem pois um carácter conjectural: a expectativa pode ser frustrada (*op. cit.*, 33).

Considera que "Os testes são refutações tentadas. Todo o conhecimento não deixa de ser falível, conjectural. Aprendemos com as refutações, isto é, através da eliminação de erros, por retroacção" (*op. cit.*, 33), numa ideia de "aproximação à verdade". Para Popper a ciência visa alcançar teorias de maior poder explicativo, mais conteúdo e maior testabilidade (*op. cit.*, 34).

Acerca do Método Científico escreve Popper: "Começo, regra geral, as minhas lições sobre Método Científico dizendo aos meus alunos que o método científico não existe" (*op. cit.*, 40), enquanto que os indutivistas exaltavam a existência de "um método" para encontrar a verdade científica. E no que parece ser a maior das críticas ao indutivismo, clarifica: 1) Não há um método para descobrir uma teoria científica; 2) Não

há um método para averiguar a verdade de uma hipótese científica, ou seja, não há um método de verificação; 3) Não há um método para determinar se uma hipótese é "provável", ou provavelmente verdadeira.

Declara-se racionalista, esclarecendo:

> Por racionalista entendo um homem que deseja compreender o Mundo e aprender através da discussão com outros homens. (...) criticá-los; solicitar a crítica deles; e tentar aprender com isso. (...) uma arte inspirada pelo interesse em nos aproximarmos da verdade acerca do Mundo. (*op. cit.*, 40)

Na sua posição de não dogmatismo, enaltece sempre o valor da crítica:

> Sou de opinião que o chamado método da ciência consiste neste tipo de crítica. As teorias científicas distinguem-se dos mitos unicamente por serem criticáveis e por estarem abertas a modificações à luz da crítica. Não podem ser verificadas nem probabilizadas. (*op. cit.*, 41)

Nesta reorientação epistemológica (Carrilho 1994, 35) Popper critica simultaneamente o idealismo, pela "facilidade fatal com que explica tudo" (Popper 1987b, 126) e o positivismo, segundo o qual "o nosso mundo é apenas superfície - não tem profundidade", clarificando: "É que ele consiste apenas em percepções e nas reflexões destas na memória. É um mundo em que não há nada para descobrir, já que nada está coberto. É um mundo acerca do qual não há nada a achar, nada para aprender. É um mundo sem quaisquer enigmas" (*op. cit.*, 129). Igualmente discorda da visão instrumentalista das teorias científicas (*op. cit.*, 130): "as teorias científicas não são só instrumentos, mas sim enunciados descritivos genuínos. *São conjecturas genuínas acerca do Mundo*". Popper considera que "as nossas teorias, os órgãos e as suas funções são tentativas de adaptação ao mundo no qual vivemos" (Popper 1987b, 159), de um mundo com três níveis (teoria dos três mundos): o dos objectos físicos, o dos estados de consciência e o do pensamento ou dos sistemas teóricos e argumentos críticos. Sobre o terceiro estado escreve:

> As teorias, por oposição às regras de computação ou aos intrumentos, ajudam-nos a interpretar as nossas experiências. A previsão foi considerada pelos instrumentalistas como uma das principais missões práticas da ciência. (...) A previsão de um acontecimento até então insuspeitado - dá-nos não só uma medida da novidade de uma teoria, mas também uma medida da sua superioridade em relação à teoria antiga, e, portanto, do progresso que se faz. Mesmo que a nossa teoria tenha um dia que ser rejeitada, ter-nos-á levado a descobrir novas espécies de factos empíricos (*op. cit.*, 138).

Como ele próprio refere: "Somos nós que criamos as teorias científicas, somos nós que criticamos as teorias científicas" (Popper 1990, 48).

No seu racionalismo cerrado, Popper defende que os procedimentos indutivos, muito simplesmente, não existem (Popper 1987b, 139). Para ele "a inferência indutiva é um mito" (*op. cit.*, 143). No mundo das aparências, no mundo sem enigmas, não há lugar para verdadeiras descobertas científicas (*ibidem*).

"Segundo a minha abordagem, é sensato aceitar as perspectivas do senso comum enquanto elas aguentam a crítica: a ciência tem origem na crítica e no senso comum e na imaginação". (*op. cit.*, 149). Os testes são tentativas de falsificação precisamente porque queremos aproximar-nos da verdade e evitar a falsidade. "A principal ideia da indução e da verificação é a de que nós buscamos casos apoiantes. Discordo desta ideia filosófica ou metodológica: simples casos apoiantes são, em regra geral, demasiadamente baratos para que valha a pena tê-los..." (*op. cit.*, 150).

No seu posicionamento internalista: "O objectivo da ciência é encontrar explicações satisfatórias do que quer que se nos apresente e nos impressione como estando a precisar de explicação. Assim, a explicação científica, sempre que for uma descoberta, há-de ser *a explicação do conhecido pelo desconhecido*". Uma teoria deve ser independentemente testável; e será tanto mais satisfatório quanto maior for a severidade dos testes a que tiver sobrevivido" (*op. cit.*, 152). Conduz à ideia de melhorar o grau de satisfação proporcionado pelas nossas explicações de avançar para teorias de conteúdo cada vez mais rico, teorias com um grau cada vez mais elevado de universalidade, e com um grau cada vez maior de exactidão (*op. cit.*, 154). A validade de

uma teoria reside na sua capacidade de resistir a testes elaborados com a intenção de a refutar: se essa teoria resiste a uma crítica, então deve ser aceite a título provisório, como merecedora de ulterior refutação (Popper 1987b, 73) e deve aceitar-se como sendo preferível a outra.

2.5.2. Bunge - O Valor da Metodologia Científica

Bunge situa-se num quadro epistemológico próximo do de Popper, que refere com frequência. Defende a perspectiva racionalista, negando a possibilidade de conhecimento científico pela via indutiva. Numa imagem: "Nada se explica por dizermos que qualquer coisa é um facto da experiência, ou por assegurarmos que um enunciado é uma embalagem de *ítens* experimentais. A experiência é qualquer coisa que precisa de ser explicada, e a explicação é uma tarefa para as teorias" (Bunge 1973, 15). Considera que toda a teoria física foi a culminação de um processo criativo indo muito mais longe do que os dados à disposição: "não há um caminho de sentido único dos dados para as teorias; por outro lado, o caminho das suposições básicas de uma teoria para as suas consequências testáveis é único. Em suma, ainda que a indução seja ambígua, a dedução não é ambígua". Para ele, "as teorias científicas, longe de serem sínteses indutivas, são criações - sujeitas a testes empíricos para ser seguras, mas não menos criativas por causa disso" (Bunge 1973, 16).

Tal como Popper, situa-se numa posição de realismo crítico: "A realidade parece não se preocupar com os nossos erros. Mas, se negligenciarmos a realidade ou negarmos que existe alguma, acabamos por renunciar à ciência e adoptar a pior metafísica possível em seu lugar" (Bunge 1973, 15), e acrescenta, explicitando o âmbito do seu conceito de verdade: "tanto o físico teórico como o experimental usam o conceito de verdade e devem sentir-se insultados se lhes disserem que não procuram a verdade" (Bunge 1973, 18). Na sua perspectiva evolucionista não cumulativista, clarifica:

> Decerto, as verdades possíveis em física são verdades relativas no sentido de que se conservam, no máximo, relativas a certos conjuntos de proposições que são

> momentaneamente tomadas como garantias, isto é, que não são postas em causa no contexto dado. São também verdades parciais ou aproximadas, porque a confirmação é sempre parcial e, além disso, temporária. Mas a verdade não é uma ilusão por ser relativa e parcial (Bunge 1973, 18).

Do seu ponto de vista, o realismo crítico, que pressupõe uma elevada dose de não dogmatismo, "encoraja a reconstrução das teorias existentes de um modo mais claro e convincente" (Bunge 1973, 95). Como ele próprio o clarifica, é "um realismo que, enquanto postula a existência autónoma do mundo externo, está pronto a corrigir toda a reconstrução conceptual dele" (Bunge 1973, 113).

Negando o indutivismo, que se mostra incapaz de produzir conhecimento novo, explica que o teste de uma teoria científica é um processo complexo... E, deste modo, numa posição afastada de qualquer determinismo dogmático: "é falso que, conforme afirmam os indutivistas, qualquer teoria deveria em princípio implicar os mesmos dados a partir dos quais foi induzida. Não só as teorias científicas não são inventadas a partir dos dados puros, mas por si mesmas não implicam nenhuns. Por conseguinte, as teorias não podem ter qualquer conteúdo empírico" (Bunge 1973, 243). Uma segunda consequência que refere é que "dificilmente pode existir qualquer prova conclusiva a favor ou contra uma teoria científica. Um conjunto de dados pode, ocasionalmente, confirmar ou refutar uma hipótese singular de um modelo inequívoco, mas é consideravelmente menos poderoso no tocante a uma teoria. Embora o acordo entre a teoria e a experiência - acordo sobre um dado domínio - confirme a primeira, não indica com certeza a verdade da teoria (...) O complexo e muitas vezes inconclusivo carácter de testagem empírica realça o valor dos testes não-empíricos, que são, no fim de contas, testes para a consistência global do corpo inteiro do conhecimento científico". Assim, alguma da sua originalidade passa por considerar que o indutivismo e o refutacionismo são inadequados, visto que ambos se restringem a hipóteses singulares, ambos negligenciam o modelo teórico que deve acrescentar-se a uma teoria geral para deduzir consequências testáveis e ambos aceitam os princípios de que só os testes empíricos interessam e que o

resultado destes testes é sempre distinto. Considera contudo, que "o malogro das filosofias da ciência correntemente dominantes não deveriam lançar-nos nos braços do convencionalismo ou de qualquer outra expressão filosófica do cinismo". Como refere:

> Estamos habilitados a esperar que algumas das nossas teorias são interna e externamente consistentes e que têm, pelo menos, um grão de verdade, mesmo que não consigamos demonstrar uma dessas duas propriedades para lá da dúvida. Porque esta esperança não é fé cega e está fundamentada na realização das nossas teorias - na sua capacidade comprovada de viver com outras teorias, de resolver problemas velhos e novos, de fazer previsões e de tornar inteligíveis e mesmo possíveis novas experiências (Bunge 1973, 244).

Na sua bíblia de Metodologia Científica, Bunge (1985) aborda em particular as questões que dizem respeito ao modo como "a investigação científica avança com a percepção de que o acervo de conhecimento disponível é insuficiente para manejar determinados problemas" (*op. cit.*, 19).

Na exaltação das qualidades da ciência sobressai o posicionamento racionalista e a explícita abordagem realista: a ciência aspira a ser crítica e aspira à coerência através de enunciados fundamentados e contrastáveis, as teorias (racionalidade), e tenta a construção de imagens da realidade que sejam verdadeiras e impessoais, em vez de permitir-se especulações sem controlo (objectividade).

Mas, valorizando a Metodologia Científica, considera que o objecto não pode ser o distintivo de toda a ciência, pelo que terá que ser a forma (o procedimento) e o objectivo: a peculiaridade da ciência tem que consistir no modo como opera para alcançar algum objectivo determinado, ou seja, o método científico, e na finalidade para a qual se aplica. Previne intencionalmente que 'método científico' não deve tomar-se como nome de um conjunto de instruções mecânicas e infalíveis que capacitam o cientista para prescindir da imaginação; não deve tão pouco interpretar-se como uma técnica especial para o manejo de problemas de certo tipo mas é um procedimento para tratar um conjunto de problemas. Assim, considera, num posicionamento claramente

internalista, que a abordagem científica é constituída pelo método científico e pelo objectivo da ciência (Bunge 1985, 22).

Se desde Bacon e Descartes os filósofos têm pretendido conhecer as regras infalíveis da direcção da investigação, para Bunge como para Popper, a única regra de ouro do trabalho científico é a audácia na conjecturação, rigorosa prudência no submeter as conjecturas a testes. O método científico é uma característica da ciência, tanto pura como aplicada: onde não há método científico não há ciência. Mas não é infalível nem auto-suficiente (Bunge 1985, 29). Quanto à experiência, "se é científica, é um meio de testagem imprescindível das teorias" (*op. cit.*, 46).

As ideias científicas são conjecturas que, por serem contrastáveis, se chamam hipóteses científicas. Por sua vez, algumas hipóteses científicas ascendem por vezes a leis, das quais se supõe que reproduzem estruturas objectivas; as leis sistematizam-se em teorias. Os problemas resolvem-se aplicando ou inventando conjecturas. Assim, o processo criador da ciência arranca do reconhecimento de problemas e culmina com a construção de teorias, que por sua vez colocam novos problemas, incluindo o da testagem de teorias. Tudo o mais é aplicação das teorias: explicação, previsão ou acção (Bunge 1985, 187). A atitude problematizadora, característica de toda a actividade racional, é a mais visível da ciência e da filosofia racionalista (isto é, crítica); Assim: "a ciência e a filosofia racionalistas consistem num estudo crítico de problemas" (Bunge 1985, 190).

Reforçando sempre o abandono do indutivismo, considera que:

> a ciência contemporânea centra-se em torno de teorias e não em torno de recolha de dados, as classificações deles ou hipóteses soltas. Os dados obtêm-se à luz de teorias e com a esperança de conceber novas hipóteses que possam por sua vez ampliar-se ou sistematizar-se em teorias; a observação, a medição e a experiência realizam-se não só para recolher informação e produzir hipóteses, mas também para submeter as teorias a contrastação e para encontrar o seu domínio de validade; as explicações e as previsões realizam-se também no seio de teorias (Bunge 1985, 413).

Bunge defende, como Popper, uma ideia de descontinuismo para o progresso científico:

> As teorias podem construir-se, remodelar-se, reconstruir-se logicamente, aplicar-se, destruir-se e esquecer-se. A construção de uma teoria científica é sempre a edificação de um sistema mais ou menos afinado e consistente de enunciados que unifica, amplia e aprofunda ideias, as quais, no estádio pré-teorético, haviam sido mais ou menos intuitivas, imprecisas, esquemáticas e desconexas. Nos primórdios da ciência esse estádio pré-teorético é simplesmente o conhecimento do senso comum. (Bunge 1985, 486)

Naturalmente que não negligencia as técnicas disponíveis e a observação considerando esta como "o procedimento empírico básico". Tanto a medição como a experimentação supõem observação (Bunge 1985, 717).

Para Bunge, como para Popper, o homem civilizado é um animal que faz conjecturas: está constantemente inventando hipóteses e pondo-as à prova, e saltando para "audazes conclusões" sobre o seu valor. A atitude científica não consiste em proibir esses saltos inferenciais, senão em controlá-los. Não há, com efeito, nenhum critério à prova de qualquer risco que possa aplicar-se a esses saltos inferenciais até às conclusões correctas (Bunge 1985, 859).

Sobre o valor da confirmação e da refutação esclarece: "Se o lógico tem razão, a técnica da exemplificação não servirá para nada, posto que quase tudo poderia considerar-se evidência de qualquer coisa. Este facto move os refutacionistas (por exemplo e assinaladamente K. Popper) a insistir que a busca de confirmação (apoio indutivo) não tem interesse algum" (Bunge 1985, 886). Bunge clarifica ainda que se se busca exclusivamente refutações, não nos encontramos com nenhum paradoxo de confirmação, porque se passa por cima do já conhecido. Se o lógico tem razão naquela análise, então também tem o refutabilista ao afirmar que o único aspecto de relevo são as "desconfirmações" ou refutações tentadas e fracassadas. Mas, na realidade, fracassar numa tentativa de falsificar uma hipótese é o mesmo que ter êxito numa tentativa de confirmá-la, com a condição de que o único considerado seja evidência relevante. Por conseguinte, se o lógico tem razão, tanto o confirmacionista (indutivista) quanto o

refutacionista (redutivista) estão num aperto, e temos que concluir que a prova empírica carece de valor (*ibidem*).

Bunge esclarece que toma do realismo a tese de que existe um mundo externo, de que a investigação científica aspira a refigurá-lo e de que essa é uma tarefa infinita, porque toda a refiguração do mundo ignora alguns aspectos dele e lhe junta outros que são fictícios. Toma do racionalismo a tese de que essas imagens são simbólicas, não icónicas, e portanto criações originais, não fotografias. Do empirismo recolhe a tese de que a experiência é uma pedra de toque das teorias e de que a filosofia deve adoptar o método e os critérios da ciência.

A posição alcançada é portanto uma espécie de síntese, mas sem o extremismo nem a rigidez que caracterizam qualquer escola filosófica. O autor prefere não baptizar a sua posição: "os ismos filosóficos são o cemitério da investigação, porque eles têm já todas as respostas, enquanto que a investigação, científica ou filosófica, consiste em lutar com problemas desprezando as construções dogmáticas" (Bunge 1985, 930), enaltecendo, assim como Popper, o não dogmatismo.

Sem dúvida que Popper e Bunge criticam o indutivismo, reforçando o racionalismo crítico e uma perspectiva de desdogmatização do conhecimento científico. Defende-se uma ciência criada à imagem e à medida do espírito que lhe confere a existência - falível, imperfeita e humana. Inicia-se, com outros contributos, uma epistemologia evolutiva, que constitui impreterivelmente um marco histórico e um ponto de referência (quadro síntese na Figura 2.2) .

Autor	Obra(s) Referência	Aspecto central/ Princípios gerais	Âmbito Internalista /externalista	Produção de conhecimento/ Método Científico	Posição perante a realidade (Verdade/Erro)	Progressão do conhecimento/ Visão da História da Ciência	Imagem dos cientistas e da Comunidade científica
Popper	1934 - Lógica da descoberta científica 1963 - Conjecturas e refutações 1982/83 - Pós-escrito à lógica da descoberta científica 1972 - Conhecimento objectivo	- Racionalismo (toda a observação está impregnada de teoria) - Procura de critérios de demarcação (uma teoria é científica se e só se for falsificável)	-Internalista (as revoluções são puramente científicas)	- Conjecturas e refutações - Critério da falsificabilidade - Abordagem crítica das teorias para saber se são verdadeiras ou falsas.	- Realismo crítico - Objectivo da Ciência: conseguir explicações cada vez melhores	- descontinuista e não cumulativista (micro-revoluções) - HC: evolutiva articulação e transformação de problemas que através de tentativas e erros se vão solucionando ou abandonando	- Comunidade científica gerida por princípios lógicos de racionalismo científico
Bunge	1967 - A investigação científica 1973 - Filosofia da Física	- Racionalismo - Objectividade: especulações com controlo; - As ideias científicas são conjecturas que por serem contrastáveis se chamam hipóteses; as hipóteses podem ascender a leis; as leis sistematizam-se em teorias	-Internalista	- Método: atitude problematizadora e não conjunto de instruções mecânicas e infalíveis que prescindam da imaginação - Experiência como meio de contrastação das teorias.	- Realismo crítico.	- Fraca referência ao papel da HC - Evolucionismo não cumulativista/ descontinuismo	- Comunidade científica gere racionalmente a metodologia científica e pugna pela objectividade da Ciência
Bachelard	1928 - Ensaio sobre o conhecimento aproximado 1934 - O novo espírito científico 1938 - A formação do espírito científico 1940 - A filosofia do não 1949 - O materialismo racional 1972 - O envolvimento racionalista	- Racionalismo materialista - Racionalidade assente nas categorias lógicas do processo científico	-Internalista (critérios racionais e não de ordem histórico-social) e regionalista	- Método dialéctico - espírito científico: caracteriza-se pela dúvida, pondo em causa sistematicamente o conhecimento	- Materialismo racional - Procura do erro (obstáculo epistemológico) para o rectificar e superar.	- Importância ao momento de ruptura /períodos de confronto - Atenção às considerações de mudança de teorias, procurando compreender a superação dos obstáculos epistemológicos	- Metáfora da "cidade científica" - Cientistas não dogmáticos -Aprendizagem científica com os "mestres"

Figura 2.2 - Síntese de perspectivas epistemológicas de crítica ao indutivismo - Internalistas.

2.6. Nova Filosofia da Ciência - Reposicionamento das Questões Epistemológicas

2.6.1. Construtores de uma Nova Filosofia da Ciência

Há uma renovação na Filosofia da Ciência com Popper, Bunge ou Bachelard, estes dois últimos com dupla formação, científica e filosófica. Trata-se, sem dúvida, de continuar a reflexão sobre o científico mas uma reflexão global sobre e simultaneamente "a análise local e interna que guia o desenvolvimento posterior da ciência" (Carrilho 1991, XI). Na diversidade das suas problemáticas, a epistemologia desenvolve-se numa grande proximidade temática das ciências, das suas práticas, dos seus discursos, dos seus problemas.

Trata-se do "estudo crítico dos princípios, hipóteses e resultados das diversas ciências", com particular incidência para a superação da actividade científica como processo indutivo e a ultrapassagem da linearidade de reduzir os conceitos teóricos a funções lógicas e de ignorar a estrutura complexa das teorias.

As epistemologias históricas, complexas, visam esclarecer o processo interno de elaboração de teorias científicas, mas estão particularmente atentas ao entendimento da interferência das ciências humanas no esclarecimento da compreensão do desenvolvimento dos saberes. A Filosofia da Ciência torna-se solidária de uma concepção global da actividade científica, tentativa de compreensão das argumentações nos processos cognitivos e científicos, posições conflituais que dão forma às controvérsias, atenção às comunidades científicas e aos seus movimentos na tentativa de compreender as dinâmicas que animam tais grupos sociais e os relacionam com os poderes...

Crescem os problemas que se colocam no interior das ciências e esses são de resolução necessária... mas a vocação externalista da epistemologia tem necessariamente em conta aspectos que ultrapassam tais "problemas de dentro" (perspectivas

internalistas), como eram as questões tentativas de determinação das características do que é ou não científico, e apoia-se na história, assumindo-se como essencialmente crítica e complexa, no sentido de compreender e de encontrar os elementos que concorrem para a formação da ciência e do ideal científico.

São múltiplos os aspectos do debate - psicológicos, sociológicos, éticos, ideológicos... que ultrapassam as posições que sobrepunham critérios e métodos científicos.

A génese das novas ideias e das novas observações, na origem do conhecimento, ou seja, no contexto da descoberta, é ainda pouco estudado... É aliás um pouco essa nova problemática na Filosofia da Ciência, com trabalhos inovadores de Canguilhem, Kuhn, Reichenbach, Lakatos, Toulmin, Putnam, Laudan ou Feyerabend que tomam a ciência como uma actividade polifacetada e complexa, produzindo resultados diversos e de diverso nível, que concorrem para considerar a relação da ciência com os aspectos mais definidores do ser humano, articular a ciência com outros saberes que constituem outras aproximações da realidade, ou seja, encarar "os muitos rostos da ciência" (Fernández-Rañada1995).

À medida que o século avança é mais difícil referir toda a plêiade de filósofos que se orientam nesta direcção, direcção que se tem vindo a apelidar de Nova Filosofia da Ciência (NFC). As opções que fazemos estão longe de ser exaustivas, mas cremo-las representativas de posições distintas que se regem por tais orientações consensuais deste novo quadro. Para o estudo e compreensão da natureza e organização da ciência e do conhecimento científico no campo particular da Didáctica, escolhemos Kuhn, Lakatos e Feyerabend, de entre os construtores da NFC.

2.6.1.1. Kuhn: Valor da História e da Sociologia da Ciência

"A Estrutura das Revoluções Científicas" de T. S. Kuhn, obra publicada em 1962, começa com a ideia de que a nossa imagem da ciência poderia perfeitamente sofrer uma

completa transformação se contemplássemos desapaixonadamente a história real da ciência, em que a comunidade científica surge como autêntico paradigma da racionalidade institucionalizada (Newton-Smith 1987, 117).

Kuhn apresenta-se a si mesmo como historiador, que procura investigar alguns dos compromissos apriorísticos de filósofos da ciência contemporâneos (Skinner 1992, 22). Não é uma mera filosofia abstracta que Kuhn põe em causa, mas sim toda uma trama de ideias e de valorização que constituem, no seu conjunto, uma componente-chave da moderna visão do mundo geralmente aceite, incorporando elementos de racionalismo, individualismo, e a crença num progresso evolutivo gradual (Barnes 1992, 112). Verifica-se um cunho fortemente idealista nesta doutrina racionalista (*op. cit.*, 113), em que o mais relevante dos argumentos se prende com a natureza teórica do conhecimento científico. Os cientistas descrevem e explicam os fenómenos, invariavelmente, em termos de uma teoria específica por eles construída. Porém, em termos formais, há um número infinito de teorias que podem ser elaboradas de forma consistente, com um determinado conjunto de dados. Os racionalistas partem do pressuposto de que o racionalismo tem de ser correcto e de que, por conseguinte, o problema com que se confronta não passa de uma dificuldade de mais ou menos importância, algo que acabará por se resolver, mesmo que de momento não se veja como. A atitude de Kuhn perante esta mesma dificuldade não podia ser mais divergente. À semelhança dos racionalistas, não entende como é que os cientistas, no seu raciocínio, partem com segurança dos dados para a teoria correcta. E, para o verificar, procede ao exame da prática efectiva dos cientistas, tal como se encontra amplamente descrita e registada nos documentos e material histórico (Barnes 1992, 115). Sobre este aspecto, Skinner (1992) refere que Kuhn afirma que, se quisermos justificar a aceitação ou a rejeição de uma determinada hipótese científica, bastar-nos-á invocar os costumes instituídos da ciência, enquanto profissão, e não apenas os métodos supostamente racionais de cientistas imparciais. A prática da ciência é, assim, descrita como um meio de controlo daquilo que é aceite como conhecimento.

A obra de Kuhn ataca, assim, sem concessões e globalmente, a explicação racionalista da ciência. Rejeita o poder de uma razão individual autónoma, repudia a tese da investigação individualista, negando que a transformação científica seja uma progressão evolucionista gradual.

De facto, Kuhn limitara-se a examinar o que considerava ser a mais bela realização intelectual do homem. Longe de atacar a ciência por não satisfazer os padrões de racionalismo, destruiu a credibilidade da mitologia racionalista, ao expor a sua incongruência face à ciência - a ciência manteve-se firme no seu pedestal (Barnes 1992, 122).

Para analisar de que modo a ciência evolui e prospera, Kuhn (1970 *in* Barnes 1992) pergunta: "Que melhor critério pode haver do que a decisão do grupo científico?". Esta observação encerra claramente a epistemologia social de Kuhn (Barnes 1992, 126), que significa atribuir a uma comunidade científica credibilidade generalizada. O conhecimento é, pela sua própria natureza, uma criação colectiva, que repousa, não sobre juízos individuais isolados, mas sobre as avaliações em situações sociais, de acordo com o costume e o precedente, e em função dos fins comunais (Barnes 1992, 128).

Para Pinto (1996) que prefacia a obra de Magalhães (1996), a obra de Kuhn impõe-se quando as ciências sociais já tinham fornecido elementos para uma crítica às concepções acerca do trabalho científico como actividade humana e socialmente construído. Tal deveu-se, na lógica de Pinto (1996), talvez ao facto de vir subscrita por um especialista das ciências físicas, ocupando um espaço de reflexão próprio da Filosofia das Ciências. Em vez de se dirigir aos traços (económicos, culturais, políticos...) do contexto social global da actividade científica, "o enfoque khuniano privilegiou as condições institucionais em que ela se desenvolve, transformando-se, por intermédio de uma implacável denúncia de interesses, poderes e privilégios cristalizados nas comunidades científicas" (Magalhães 1996, 6-7).

A obra de Kuhn é fundamental para a compreensão do desenvolvimento histórico da ciência, ou seja, de como se realiza o progresso científico. A obra resulta de um contexto de meados do século, dominado pelo neopositivismo, que, desenvolvido a partir dos anos 20, e inspirado em Wittgenstein, teve como preocupação epistemológica central a expressão linguística que exprimisse adequadamente a relação entre a maneira como as coisas se passam no mundo e a natureza da nossa estrutura conceptual. O grupo do Círculo de Viena procurava uma concepção científica do mundo de que o "princípio da verificação" era um dos pilares que permitem solucionar o problema da demarcação entre conhecimento científico e não científico. O quadro epistemológico no qual Popper desenvolveu todas as suas críticas ao indutivismo e ao positivismo era ainda centrado no mesmo problema da cientificidade, como diz Carrilho (1994, 39), dependente do "estabelecimento de critérios de partilha (e de exclusão) entre enunciados, problemas, saberes". Sucessivas frustrações obrigaram a colocar a questão de saber se a representação da ciência pode ser separada do modo contextual como se faz a própria ciência (Magalhães 1996, 19). Como evidencia Chalmers (1987, 149), Kuhn toma consciência que os modos tradicionais de encarar a ciência, sejam indutivistas sejam falsificacionistas, não suportam ser confrontados com a análise histórica. É esta a problemática da obra de Kuhn.

A compreensão de que as observações estavam impregnadas de teoria e de que uma visão testabilista do progresso escondia o facto de todo o conhecimento se encontrar "imerso" em complexas situações culturais e históricas do saber, e ainda uma abertura à história em que esta começa a desempenhar um papel fundamental na compreensão da racionalidade científica, implicam que a demarcação entre ciência e outras actividades pode diluir-se (Magalhães 1996, 31) e reforçar-se a ideia de que a história influencia o progresso.

De acordo com esta visão, o progresso não pode ser entendido como o caminho para uma verdade que corresponda ao que o "mundo é, em si-mesmo" e a ciência deixa

de se situar numa esfera superior, a-histórica, e perfeitamente isolada de outros níveis da vida cultural. As mudanças dessas aceitabilidades pressupõem alterações de "visões do mundo" que, de acordo com Kuhn, marcam os passos do progresso científico (Magalhães 1996, 36) e põem em causa uma ideia de progresso contínuo e cumulativo em direcção a qualquer verdade (Magalhães 1996, 38).

Isso implica, aparentemente, crise nos privilégios da ciência e uma nova concepção da relação sujeito-objecto na ideia da impossibilidade de conhecer sem supor que o sujeito condiciona esse conhecimento (Magalhães 1996, 39). Daí que uma verdade "absoluta", independentemente das interpretações que são feitas dos factos, está frustrada pela própria natureza do conhecimento científico. A ciência constrói-se com uma "realidade" que se desconhece e com um quadro teórico de interpretação. O seu discurso possui uma dimensão subjectiva e contextualizada que a Filosofia da Ciência não pode ignorar (Magalhães 1996, 41).

Como sistema de crenças, a verdade só pode ser procurada no consenso intersubjectivo emergente dos contextos históricos (Magalhães 1996, 43). Fica reservado à ciência construir uma interpretação do mundo, segundo os melhores critérios de aceitabilidade racional reconhecidos num determinado contexto histórico.

Aliás, o falhanço histórico de uma concepção heróica da ciência, quer pela impossibilidade da validação absoluta da representação do mundo quer pela ligação da ciência à guerra e a aspectos perversos, veio reforçar tal interpretação.

O novo movimento no qual se vai inspirar Kuhn, para criar a NFC, integra-se, deste modo, numa perspectiva de racionalidade histórica e gira em torno da contextualização histórica e da sociologia da ciência.

O trabalho científico começa a ser investigado como um trabalho que não depende apenas da metodologia utilizada, mas do "fundo cultural" em que se organiza. Kuhn fala

em "paradigmas", como "realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante um certo tempo, proporcionam modelos de problemas e soluções a uma comunidade científica" (Kuhn 1975, 13) e, recentemente, Geymonat fala de existência de "património científico-técnico", constituindo esse fundo cultural donde emerge a produção de novos conhecimentos científicos cujo crescimento é dialéctico, pois representa a interacção entre o desenvolvimento das sociedades e o desenvolvimento das ciências (Geymonat 1993 *in* Magalhães 1996, 58). É esta mesma ideia que Laszlo (1994) subscreve com a nova racionalidade da ciência "como levando a reconsiderar as relações entre os homens e entre o Homem e a Natureza" (*op. cit.*, 9 *in* Prefácio de Mayor, 1986), apontando uma nova cosmovisão que evolui para a coerência do real total, retomando posições de busca da unificação do conhecimento, que necessitam igualmente de uma nova abordagem científica (Laszlo 1993).

Entre a ideologia da ciência e as realidades da prática científica estende-se uma vasta sombra (Newton-Smith 1987, 117). Tudo o que aprendemos nos livros de texto contemporâneos acerca da história da ciência, aprendemo-lo através de depuradas versões dos triunfos científicos do passado. Nada nos dizem de fracassos. Nada nos chega acerca do estado da ciência durante os seus períodos baldios (Newton-Smith, 1987, 117).

Assim, falar-se de **NFC** significa uma reorientação de problemática, "a assinalar o esgotamento, se não o fim, desta problemática", mas, além disso, como refere Carrilho (1994), "está-se sobretudo a apontar a emergência de uma outra". Kuhn, ao publicar em 1962 o *The Structure of Scientific Revolutions*, abandona a preocupação com a natureza da cientificidade e com a justificação dos seus critérios e dedica-se à descrição das características da actividade científica e da diversidade dos seus proc`Ìedimentos.

O que ele procura mostrar é como a ciência trabalha. E tal consiste em, com base no paradigma que toda a comunidade aceita, proceder a aplicações e à resolução de problemas previstos ou previsíveis no âmbito paradigmático. É a isto que Khun chama

ciência normal, "regime que os cientistas fazem todo o possível por manter" (Carrilho 1994). Como Kuhn a apresentou, ""ciência normal" significa a investigação firmemente assente numa ou mais realizações científicas anteriores, reconhecidas por uma determinada comunidade científica, durante um certo período de tempo, como constituindo o fundamento da sua prática ulterior" (Kuhn 1970a, 10).

Kuhn assinala que, na ciência normal, um paradigma nunca é aceite a partir de considerandos puramente lógicos. Há sempre uma prova em que se apoia e uma prova que o põe em causa, argumentos pró e argumentos contra. É usado na investigação graças a um acordo, e não em virtude de justificações irrebatíveis. E a investigação em que é utilizado assume-o, sem procurar a sua justificação. Na ciência normal, um paradigma não é nem julgado nem testado - é ele próprio a base do julgamento. A utilização bem sucedida de um paradigma contribui para o conhecimento da natureza. A utilização fracassada de um paradigma limita-se a apontar aspectos como a incompetência do cientista, a inadequação do seu equipamento, ou a existência de uma fonte ignorada de perturbação das condições de observação ou de experimentação. Como refere Barnes (1992, 115), um paradigma serve de base *convencional* para a avaliação da investigação - a ciência normal repousa no consenso e não na compulsão lógica.

A chave está em considerar os cientistas como participantes numa tradição de investigação, e a investigação como a actividade característica da subcultura que sustenta a tradição. Os paradigmas surgem, assim, como o conhecimento herdado pelos cientistas - são aceites dos antecessores como base de investigação, desenvolvidos e elaborados ao longo da investigação, e transmitidos, nas suas formas já desenvolvidas e elaboradas, como o conhecimento aceite pela geração seguinte. Por esta razão, os paradigmas, cerne da cultura científica, são transmitidos e mantidos do mesmo modo que a cultura em geral - os cientistas aceitam-nos e estabelecem com eles um compromisso, por efeito da formação e socialização, e esse compromisso é mantido mercê de um sistema evoluído de controlo social (Barnes 1992, 117). A teoria de Kuhn distingue-se,

assim, em particular, pela importância que ele concede às características sociológicas das comunidades científicas (Chalmers 1987, 150). É, pois, uma explicação sociológica para a estabilidade e o comprometimento nas ciências, em termos de existência de poderosos mecanismos de socialização e de controlo social. Uma das questões que se podem colocar é como é que, "ocasionalmente", os paradigmas são substituídos e postos de lado

Kuhn propõe uma explicação sobre o modo como estas mudanças radicais da prática científica normalmente ocorrem, partindo do seu conhecimento de episódios históricos concretos. Começa por afirmar que um grupo de cientistas integrados na ciência normal constituem um detector muito sensível de anomalias. Precisamente porque o grupo está tão comprometido com o seu paradigma e tão convencido da sua exactidão, que quaisquer resultados e observações que resistam a uma assimilação se revestem de particular interesse e importância. Todavia, um resíduo de anomalias recalcitrantes pode subsistir e acumular-se. Esse resíduo, que vai aumentando ao longo do tempo e ficando tanto mais temível quanto maior for a resistência que oferecer às tentativas de reassimilação, pode acabar por veicular a suspeita de algo desajustado em relação ao paradigma comummente aceite e criar o cenário favorável ao seu afastamento.

Mas um paradigma nunca é pura e simplesmente afastado nessa situação. Tal significaria abandonar a investigação, que é a razão de ser da comunidade científica. Pelo contrário, a comunidade torna-se mais especulativa e abrangente na sua investigação, mais tolerante face a sugestões dissidentes e não ortodoxas. Procura-se então um paradigma alternativo, uma nova realização científica, capaz, por um lado, de assimilar o conjunto geralmente perturbador de anomalias acumuladas e, por outro lado, de servir, à semelhança do que o precedeu, como modelo concreto de trabalho futuro. Com o advento desta alternativa, verifica-se um realinhamento do compromisso, a prática da investigação detalhada segue vias diferentes. A ciência normal é reconstituída à volta de um novo modelo e o paradigma anterior, agora desnecessário, é finalmente posto de lado (Barnes 1992, 118-119).

São múltiplos os aspectos importantes desta história da revolução científica, mas a característica-chave é, todavia, a ausência de qualquer justificação lógica compulsiva para a transição. Kunh insiste em que as mudanças de paradigma têm de ser feitas de modo inteligível, em termos de psicologia social do grupo científico e não em termos de considerações puramente lógicas. Assim como a lógica não compele o grupo a aceitar o paradigma em que se funda a ciência normal, também não determina a sua substituição por outro na sequência de uma revolução científica (Barnes 1992, 119). Abre-se então um período de crise até à instauração de um novo paradigma e o consequente regresso a uma situação de ciência normal.

A abordagem da ciência desenvolve-se assim em torno das noções de ciência normal, de comunidade e de paradigma e, seguidamente, de crise, de ciência extraordinária e de revolução científica. A visão de Kuhn do modo como uma ciência progride pode ser resumida por um processo sem fim: pré-ciência, ciência normal, crise-revolução, nova ciência normal, nova crise... A actividade desorganizada e multiforme que precede a formação de uma ciência acaba por se estruturar e se orientar quando um dado paradigma recebe a adesão da comunidade científica (Chalmers 1987, 150-151).

As principais críticas dirigem-se à imprecisão da própria noção de paradigma. Em 1970, Kuhn substitui "paradigma" por "matriz disciplinar", constituída por generalizações simbólicas, paradigmas metafóricos, valores, exemplos. De Popper e seus discípulos veio-lhe sobretudo a acusação de relativista, dizendo que Kuhn sugere que a racionalidade da ciência pressupõe a aceitação de um referencial comum, dependendo de um conjunto de suposições (Carrilho 1994, 43).

Um dos aspectos-chave da sua teoria é, contudo, o acento posto na característica revolucionária do progresso científico, uma revolução que significa o abandono de uma estrutura teórica e a sua substituição por uma nova, incompatível com ela. Formalmente, Kuhn trata as teorias, enquanto sistemas de enunciados, como a maioria dos

epistemologistas racionalistas o fazem habitualmente. Ao aceitar esta linguagem, Kuhn prossegue demonstrando que a avaliação comparativa de teorias concorrentes continua a ser um problema fundamental insolúvel. Não existe uma medida comum face aos méritos de teorias concorrentes, nem uma base clara e incontroversa sobre a qual assenta uma escolha racional (Barnes 1992, 121). A conclusão inevitável não é a de que as teorias científicas não podem ser comparadas e qualificadas, mas a de que não existe uma tabela classificativa natural, uma medida comum cuja aplicação e modo de utilização seja aceite por todos. Esta é a famosa tese de Kuhn da incomensurabilidade das teorias científicas.

2.6.1.2. Lakatos: Competição de Programas de Investigação Científica.

Lakatos pretende manter o ideal racionalista, aspirando a utilizar o seu modelo de ciência para distinguir ciência de não ciência, mas igualmente para proporcionar um critério seguro para decidir entre teorias rivais e para dar explicações racionais das mudanças científicas.

De Kuhn reconhece que este rejeita que a ciência cresce por acumulação de verdades eternas, sendo o seu principal problema a "revolução científica". Tendo Kuhn reconhecido tanto a falha do justificacionismo como a do falsificacionismo para providenciar contributos racionais ao crescimento científico, considera Lakatos que ele parece voltar ao irracionalismo. Em relação a Popper refere que, para este, a ciência é "revolução em permanência" (Lakatos 1970, 92). Enquanto que de Popper considera que a mudança científica é racional ou racionalmente reconstruível, falhando no âmbito da lógica da descoberta, para Kuhn a mudança científica é uma "conversão mística", uma espécie de "mudança religiosa" não governada por regras da razão, e que, por isso, falha totalmente dentro do domínio da psicologia da descoberta (Lakatos 1970, 93).

Mas o próprio Lakatos considera que o seu modelo corrige as deficiências das intuições de Popper e que as desenvolve. As suas objecções a Popper vão na oposição à

consideração de que o esforço científico é uma luta bilateral entre uma teoria e o mundo, e que os resultados interessantes dessa confrontação seriam as falsificações conclusivas. Para Lakatos, "as provas são lutas pelo menos trilaterais entre teorias rivais e experiências e algumas das experiências mais interessantes culminam, à primeira vista, mais na confirmação do que na falsificação" (Lakatos 1978, 31 *in* Newton-Smyth 1987, 92). Igualmente considera que a história da ciência não responde ao modelo de Popper, que leva a uma subversão completa do empreendimento científico, uma vez que nunca houve teoria nenhuma que não se tenha confrontado com anomalias durante a sua vida. Assim, a proposta de Lakatos é que se deveria considerar tal empreendimento como uma luta entre teorias rivais, em que o mundo actua como árbitro. É sua opinião que a valorização dos méritos relativos de teorias competitivas deveria manter-se até que os respectivos defensores de uma e de outra tivessem tido tempo de explorar modificações que as pudessem colocar em melhores condições de superar essas anomalias. Não se deveria abandonar uma teoria a favor de outra melhor e completamente diferente sem antes explorar a possibilidade de que uma modificação conveniente produzisse uma teoria melhor que essas duas. Tal aspecto condu-lo a sugerir que a unidade de apreciação não deveria ser uma teoria isolada mas uma sequência de teorias, cada uma delas engendrada por modificação da precedente. É esta sequência que Lakatos designa por "Programa de Investigação Científica" (PIC). Lakatos utiliza o termo "teoria" para designar um sistema particular de asserções, e qualquer modificação produz uma teoria diferente que pode integrar o mesmo PIC.

Lakatos individualiza os PIC especificando as suas três componentes: núcleo central, heurística negativa e heurística positiva. O núcleo central é uma família de asserções teóricas; a heurística negativa é um princípio metodológico que estipula que os componentes do núcleo central, as hipóteses de base que sustentam o núcleo duro dos Programas, não se devem abandonar nem modificar, em caso de detecção de anomalias. A heurística positiva proporciona um guia acerca do que há a fazer perante as anomalias. São linhas de conduta geral que representam as direcções de desenvolvimento do

Programa (Chalmers 1987, 136). Indica como enriquecer o núcleo duro a fim de explicar e predizer os fenómenos reais (*ibidem*, 138). De acordo com Lakatos, uma teoria é um conjunto de postulados gerais juntamente com as suas consequências dedutivas; para obter uma previsão comprovável acerca de um sistema, temos que introduzir tanto enunciados das condições iniciais do sistema como hipóteses auxiliares, o que significa que aquilo que comparece perante o "tribunal da experiência" (terminologia de Quine *in* Newton-Smyth 1987, 94) é ainda teoria, mais o que se pode chamar de "cinto protector auxiliar da teoria". E quando uma teoria estabelecida se enfrenta com uma anomalia, ou seja, quando a teoria juntamente com o seu cinto protector parece falsificada, pode acontecer que se possa modificar alguma coisa no próprio cinto protector. É este, constituído de hipóteses auxiliares, articuladas ou inventadas, que pode ser ajustado e reajustado, ou completamente substituído para defender o núcleo duro (Lakatos 1970, 133). A componente heurística positiva é para Lakatos mais do que uma ideia vaga de orientação geral; ele concebe-a como uma fórmula prévia precisa que indica muito directamente como gerir as anomalias.

Sobre os PIC refere Lakatos (1978 *in* Newton-Smith 1987, 96): "Diz-se que um programa de investigação é progressivo na medida em que o seu crescimento teórico abre caminho ao seu crescimento empírico, isto é, na medida em que mantém a capacidade de predizer factos novos com êxito (decurso progressivo); está estacionário se o seu crescimento teórico caminha em paralelo com o seu crescimento empírico; se conduz apenas a descobertas casuais, ou de factos pressupostos ou descobertos por um programa rival, está num decurso decadente. Se um programa de investigação explica progressivamente mais que um programa rival, prevalece sobre este que pode ser eliminado (ou arquivado)".

Lakatos fala também na adopção de uma convenção segundo a qual o núcleo duro de uma teoria, o que normalmente se chama postulados ou axiomas, se deve manter constante perante as anomalias, o que não parece conjugar-se com a posição realista que quer assumir e, como refere Newton-Smith (1987, 97), "se veria em apuros para mostrar

que os cientistas, seja individual ou colectivamente, adoptam explicitamente tais decisões por convenção". É nesta posição que ele mais se afasta de Popper. Acaba por admitir que "até o mais rápido e consistente PIC progressivo tem que digerir as suas "contra-evidências", uma vez que as anomalias nunca estão afastadas" (Lakatos 1970, 135). Esta crença inicial da comunidade científica na verdade ou na verdade aproximativa do núcleo central vê-se reforçada pelo êxito do programa. Embora com alguma dificuldade em manter a coerência com a posição realista, Lakatos supõe que a metodologia dos PIC constitui uma via para a verdade (Newton-Smith 1987, 116).

No esquema de Lakatos a metodologia científica deve ser discutida a partir de dois pontos de vista diferentes: por um lado, como refere Chalmers (1987, 142), o trabalho desenvolvido no interior do PIC isolado, por outro lado, os méritos comparados de PICs concorrentes. Trabalhar num programa isolado passa pela extensão e modificação do seu cinto protector, juntando e reformulando hipóteses. A modificação e ajuste do cinto protector de um PIC devem poder ser submetidos independentemente a testes. É o desenvolvimento do cinto de protecção que representa as novas descobertas de cientistas isolados ou em equipa.

2.6.1.3. Feyerabend - Contra o Método e a Razão

Nunca houve uma crítica tão cerrada ao método científico como a que Feyerabend desenvolveu nas suas obras (Newton-Smith 1987, 141). Como refere Corvi (1991), Feyerabend duvida que a conquista do saber aconteça de modo ordenado e linear, considera que o conhecimento, de facto, não é uma estrutura arquitectónica e não tem significado a não ser no contexto, e acusa a epistemologia de acreditar na hipótese de um método universalmente válido, que na realidade considera que não existe (Corvi 1991, 119-123).

Feyerabend considera que o pluralismo cultural que, como escreve Carrilho (1994, 45) resulta do anarquismo epistemológico, se traduz em aceitação de posições: "Uma sociedade livre é aquela em que todas as tradições gozam de direitos iguais, independentemente do que delas pensam as outras tradições". É "o respeito pelas opiniões de outrem" (Feyerabend 1991a, 32).

Corvi (*op. cit.*, 125) aponta que Feyerabend:

> revaloriza o relativismo de Protágoras, que não privilegia nenhuma perspectiva particular, mas promove a troca de ideias, com a consciência de que não existem valores absolutos e que qualquer critério tem uma eficácia limitada a um contexto preciso. Tem a convicção de que é impossível apreender uma realidade estável e objectiva, quer no que diz respeito ao mundo físico quer no que diz respeito ao mundo das criações humanas, Por conseguinte, todas as ciências são humanas já que é humano o sujeito do conhecimento. A verdade imutável e definitiva escapa-nos e não nos é dada a possibilidade de um ponto de vista absoluto que nos permita fazer afirmações irrefutáveis. Não existe uma base de observação neutra, mas o conhecimento em todas as suas fases é condicionado por experiências precedentes e por elementos teoréticos.

Sobre a sua posição refere o próprio Feyerabend, em diálogo com o seu interlocutor A, representante da posição popperiana, no seu Diálogo sobre o Método: "Admito que o meu objectivo pode ser uma utopia. Mas repara, não quero de modo nenhum substituir os maníacos de uma espécie por maníacos de uma espécie diferente" (Feyerabend 1991a, 33).

Não se poupa a críticas a Popper, cuja filosofia considera que "é uma ideologia uniformizada, de vistas estreitas, que embrutece e forma escravos". Feyerabend acusa "o facto de esta filosofia (de Popper) ter uma confiança sem suspeita na ciência" e pensa que, "infelizmente, parece que as pessoas preferem as regras simples a uma visão que sublinhe a complexidade de toda a decisão. É este o motivo porque os filósofos hoje amam a metodologia" (Feyerabend 1991a, 46). Aliás, tal como refere Corvi (1991), acusa a ciência de ter condicionado fortemente a evolução da sociedade civil e política,

ao ponto de ter garantido um lugar privilegiado no âmbito da organização social, em virtude de uma suposta e nunca demonstrada superioridade sobre outras formas de conhecimento (Corvi 1991, 124). E sobre o ensino, que considera responsável pela forma restrita de pensar, escreve: "o nosso sistema educativo transforma as pessoas em ovelhas e os intelectuais, professores, ou o que quiseres, em cães pastores" (Feyerabend 1991a, 34), defendendo que "Uma criança deveria crescer conhecendo não só diversas línguas mas também diversos mitos, incluindo os da ciência" (Feyerabend 1991a, 38). Aliás considera os currículos "cuidadosamente fixados para inculcar o máximo de religião científica na cabeça dos adolescentes" (Feyerabend 1991a, 24), tal como a comunidade científica e a eventual influência do poder político (Feyerabend 1991a, 25).

Enquanto que o problema central da epistemologia poperiana é o problema da demarcação entre ciência e não ciência, Feyerabend nega esta distinção. Segundo ele, não temos necessidade de qualquer critério de demarcação, pelo simples motivo de que não existe nada para discriminar (Corvi 1991, 129-130). Aponta, antes, os perigos e malefícios de uma concepção algorítmica da racionalidade. Uma coisa é dizer que existem critérios de racionalidade e outra coisa é a pretensão de fazer uma lista pormenorizada deles, fornecendo uma normativa abstracta, válida para todas as situações (Corvi 1991, 131). Feyerabend lembrou aos racionalistas que "não existem instrumentos de confiança, não existem métodos infalíveis, não há autoridade que permaneça, nem mesmo quando está coberta pelo fascínio da tecnologia" (Corvi 1991, 136).

O que o parece aterrorizar é a falta de liberdade: "a ciência é apenas mais um de tantos mitos, que não tem vantagens intrínsecas, que tem, é certo, aspectos positivos, mas que apresenta também muitos inconvenientes, precisamente como as ideologias alternativas têm os seus prós e os seus contras. Os êxitos da ciência, que ninguém ousa negar, parecem impressionantes apenas porque fomos condicionados a considerá-los importantes, porque nunca fomos confrontados com os êxitos obtidos graças a outros

pontos de vista e porque os grandes falhanços da ciência raramente chegam aos ouvidos do grande público" (Feyerabend 1991a, 47-48).

Quanto aos cientistas, a quem chama "Padres da Ciência (que) condenam o que não lhes agrada" (Feyerabend 1991a, 48), refere que "têm montes de "argumentos" a favor da excelência da ciência, mas, se se observa mais de perto apercebemo-nos de que os seus "argumentos" não são mais do que asserções dogmáticas sobre matérias de que não têm qualquer noção de que género for" (Feyerabend 1991a, 54).

A sua forma principal de se confrontar com a ciência é que não a despreza, não a destrói, mas critica a orientação racionalista cerrada, a valorização exagerada, a aceitação acrítica: "A ciência não tem o exclusivo do conhecimento. A ciência é sem dúvida um reservatório de conhecimento, mas o mesmo podemos dizer dos mitos, das fábulas, das tragédias, das composições épicas e de muitas outras criações das tradições não científicas" (Feyerabend 1991a, 74).

Em relação à impossibilidade do conhecimento do real, refere Feyerabend: "jamais saberei como me vês tu, como eu próprio me vejo e, por conseguinte, jamais saberei como sou "realmente"" (Feyerabend 1991a, 89).

Na sua crítica a uma concepção objectivista da ciência e na defesa da dependência de factores contextuais, esclarece: "a adaptação não envolve uma entidade mística chamada "realidade objectiva", mas antes as autênticas relações entre as pessoas e as coisas. Envolve os colegas, os financiamentos, as restrições económicas, as limitações de tempo, o oceano perenemente mutável do formalismo matemático, o juízo de distantes grupos de supervisão, a funcionalidade dos elaboradores de dados, dos gravadores, etc" (Feyerabend 1991a, 97-98)

Enquanto que para o defensor de Popper, no "Diálogo sobre o Método", "a ideia de que a ciência procede através de falsificações foi uma autêntica descoberta", a posição de Feyerabend é a de que "muitas mudanças importantes na ciência acontecem sem falsificações de qualquer espécie. A falsificação é válida como regra empírica, mas insuficiente como condição da racionalidade científica" (Feyerabend 1991a, 111).

Aceitando uma maior dose de intuição, criatividade e imprevisto, considera que não ocorre progresso sem uma frequente renúncia à razão (Feyerabend 1979). Chama à racionalidade "ideologia profissional do sector", que está sujeita às mudanças que intervêm no contexto social de onde é gerada e não pode ambicionar à validade universal (Corvi 1991, 132).

Em relação a Kuhn refere: "aprendi muito com Kuhn. Foi ele que me convenceu que é necessária uma aproximação da ciência, das artes, etc., etc., historicamente, percorrendo a história da sua vida, e não logicamente, ou seja, procurando captar qualquer estrutura permanente" (Feyerabend 1991a, 113).

No "Adeus à razão" (Feyerabend 1991b), aponta o relativismo como uma tentativa de compreender o fenómeno da variedade cultural. A "ciência" ortodoxa é uma instituição entre muitas, e não o único repositório de informação válida (Feyerabend 1991b, 39). Para ele, "Os produtos da ciência não são fundamentalmente decisivos. São bons ou maus, úteis ou destrutivos, consoante o tipo de vida que se pretende levar" (Feyerabend 1991b, 42), e afirma, na defesa do relativismo, que "Cada vitória científica autêntica é atingida através de uma variedade de armas (instrumentos, conceitos, argumentos, pressupostos básicos). Mas as armas mudam com o progresso do conhecimento" (Feyerabend 1991b, 45).

O "tudo serve" quer dizer "tudo o que é susceptível de fazer progredir o conhecimento na perspectiva de um investigador privado ou de uma tradição de investigação" (Feyerabend 1991b, 49). Numa ampla admissão do pluralismo metodológico, considera que "Só resta aderir ao anarquismo, cuja palavra de ordem (tudo vai bem ou tudo serve) não significa a negação de qualquer regra, mas antes a necessidade de adequar as normas ao caso concreto com que o cientista tem a ver, interpretando-as de modo original ou afastando-se nitidamente delas" (Feyerabend 1991b, 124). Para Feyerabend esta reconhecida falta de método prova que a ciência se

assemelha muito mais ao saber não científico do que se costuma admitir (Corvi 1991, 124).

Um argumento dos racionalistas é que as leis da natureza não se encontram certamente dependentes de uma determinada cultura. Mas Feyerabend argumenta com uma situação: "É necessária uma atitude mental muito especial, inserida numa determinada estrutura social, combinada por vezes com sequências históricas idiossincráticas para adivinhar, formular, verificar e fundar leis como a segunda lei da termodinâmica", perguntando: "onde está então o argumento para nos convencer de que o que foi descoberto desta forma idiossincrática e ligada à cultura (e é por conseguinte, formulado em termos ligados à cultura) existe independentemente do modo como se lá chegou?" (Feyerabend 1991b, 108).

O que Feyerabend defende é que as condições sociais mudam e que a ciência acompanha essa mudança, e tal é reconhecer o progresso da ciência: "Os mesmos cientistas, filósofos e políticos que apoiam a ciência modificam-na com este mesmo apoio e fazem mudar o mundo" (Feyerabend 1991b, 109-110).

Afinal, de acordo com Feyerabend, o racionalismo não introduziu ordem e saber onde antes havia caos e ignorância; introduziu um tipo de ordem especial, estabelecido por processos especiais e diferente da ordem e dos processos das tradições históricas (Feyerabend 1991b, 144).

E questiona: "Então o que surgiu de forma altamente idiossincrática e dependente da cultura, existe e é válido independentemente dela?", para concluir: "Não há saída: ou consideramos os quarks e os deuses igualmente reais, mas unidos a circunstâncias diferentes, ou deixamos completamente de falar de coisas reais".

Considera que a sua interpretação "não nega a eficácia da ciência como fornecedora de tecnologias e mitos básicos; nega apenas que os objectos científicos *e só eles* são "reais"". Assim como também não afirma que podemos passar sem as ciências (Feyerabend 1991b, 151). Mas as condições sociais mudam e a ciência acompanha a sua

mudança. "Este mundo (...) é uma entidade dinâmica e multifacetada que afecta e reflecte a actividade dos seus exploradores" (Feyerabend 1991b, 152).

A tese principal de Feyerabend sobre a estrutura da ciência é que "A investigação bem sucedida não obedece aos parâmetros gerais: depende de um artifício agora, outro depois, e os movimentos que a fazem progredir nem sempre são conhecidos de quem os desencadeia. Uma teoria da ciência que concebe padrões e elementos estruturais de *todas* as actividades científicas e os autoriza a uma teoria da racionalidade pode impressionar os estranhos - mas parece um elemento demasiado em bruto para as pessoas no local, ou seja, para os cientistas confrontados com um problema concreto da investigação" (Feyerabend 1991b, 328). É deste modo que, na defesa e valorização da abordagem histórica, considera que:

> O máximo que podemos fazer por eles, de longe, é enumerar métodos práticos, dar exemplos históricos, apresentar casos estudados que contenham processos diversos, demonstrar a inerente complexidade da investigação e prepará-los, deste modo, para o atoleiro em que estão prestes a entrar. Ao ouvirem a nossa história, os cientistas ficarão sensibilizados para a riqueza do processo histórico que querem transformar, sentir-se-ão impelidos a pôr de lado infantilidades como regras lógicas e princípios epistemológicos e começar a pensar em formas mais complexas - e mais não podemos fazer devido à natureza do material. Uma "teoria" do conhecimento que queira ir mais longe, perderá o contacto com a realidade (Feyerabend 1991b, 328).

E numa posição que nos parece ecológica, de procura de equilíbrio do homem com o seu mundo, considera "a Ciência como uma tradição entre muitas" em que "o seu progresso, conquanto benéfico, causou também enormes danos" e, por isso, o que pode ser permitido é "explorar o meio sem o danificar" (Feyerabend 1991b, 346). O próprio Feyerabend sintetiza a sua posição que considera acima de tudo, contra o método:

> A) A maneira como os problemas científicos são abordados e resolvidos depende das circunstâncias em que surgem, os meios (formais, experimentais, ideológicos) disponíveis na altura e os desejos daqueles que com eles trabalham. Não existem condições duradouras que limitem a investigação científica.

> B) A maneira como os problemas da sociedade e a interacção de culturas são abordados e resolvidos depende também das circunstâncias em que surgem, os meios disponíveis na altura e os desejos daqueles que com eles trabalham. Não existem condições que limitem eternamente a acção humana. (Feyerabend 1991b, 354).

E despede-se num "Adeus à razão"!

Síntese

As visões indutivistas e falsificacionistas da ciência são muito fechadas, centrando-se sobre as relações entre as teorias e os enunciados da observação e das séries de enunciados, e não dão conta da complexidade das teorias científicas. Nem o acento posto pelo indutivismo na derivação das teorias a partir da observação nem o esquema falsificacionista das conjecturas e refutações são capazes de dar conta da génese e do desenvolvimento das teorias. É assim que a NFC passa a considerar as teorias como globalidades estruturadas. Os estudos históricos mostram que a evolução e o progresso das ciências revela uma estrutura que escapa ao indutivismo e ao falsificacionismo (Chalmers 1987, 132). Assim, Chalmers (*op. cit.*, 135) considera duas razões para ver as teorias como estruturas organizadas: os estudos históricos que mostram que as teorias possuem essa característica e que esta é uma condição necessária para que os conceitos adquiram uma significação precisa; há ainda uma outra razão, que vem da necessidade que a ciência tem de progredir. E é claro que ela pode melhor progredir se as teorias tiverem uma estrutura que contenha chaves e prescrições claras relativas ao seu desenvolvimento e à sua extensão. É uma NFC que inaugura uma nova fase nas discussões epistemológicas sobre o entendimento do conhecimento científico e, ao conjugar a racionalidade com a historicidade, possibilita um novo olhar sobre o progresso. Uma ideia continuista e cumulativista associada a uma concepção de história, que vê no passado a determinação do futuro, cede lugar à noção de descontinuidade científica e de contextualização histórica, valorizando a dimensão metacientífica da ciência.

O que a NFC traz de novo, no dizer de Magalhães (1996, 12):

é a ideia de que não é possível uma concepção a-histórica de progresso, e que é preciso compreender a historicidade do progresso pela historicidade do homem, valorizando as diferenças originais nas concepções do mundo constitutivas duma racionalidade plural que faz o próprio progresso assumir percursos não lineares.

2.6.2. A Nova Imagem do Saber Científico - Contributos para um Novo Quadro Teórico

2.6.2.1. Metodologia Científica - Produção de Conhecimento

2.6.2.1.1. Pluralismo Metodológico - Metodologia Científica

Não existe, entre os contemporâneos filósofos da ciência, concordância genérica sobre o que constitui a metodologia científica e em que consiste, de forma inequívoca, o processo de construção do conhecimento científico, pelos cientistas. A incapacidade de identificar um único e simples método aplicável em todas as situações não quer, por outro lado, significar que a Ciência não tenha métodos (Hodson 1986a). Considera-se, assim, que o método científico, tal como o conhecimento que produz, muda e se desenvolve. Não existe um método único para estudar a natureza: os métodos mudam e variam com o tempo e com as diversas áreas. "Current scientific method suits the current situation: the stock of theoretical knowledge and the techniques". Quando a situação muda, os métodos mudam (Hodson 1986a).

A ciência, na perspectiva contemporânea, deve ser entendida como uma construção racional, em que, por exemplo, se pode prever antes da descoberta efectiva. O ponto de vista empírico colocava naturalmente o objecto antes do conhecimento, entregando-se à ocasião, ao dado gratuito, fortuito, sempre possível, nunca acabado. Pelo contrário, esta nova orientação mais racionalista, apoiada numa sistematização interna, provoca a ocasião, constrói aquilo que não lhe é dado, completa e acaba o desarticulado. Nesta perspectiva, o imediato cede ao construído. É preciso dar-se conta

de que regras indutivas de um método universal não são capazes de fazer extrair, a partir de factos no "estado bruto" e de constatações saídas da observação "imediata", um edifício teórico (Giordan 1978). Ou seja, os princípios seguros aos quais deveria obedecer o curso dos fenómenos são antes "princípios hipotéticos" a orientar e a sugerir a observação. Tais aspectos vêm na sequência da ideia de que o mundo/a natureza não deve ser apenas observada, mas interrogada, e que o sujeito assim sugerido é activo e não passivo.

2.6.2.1.2. Relação Teoria/Observação

A imagem acerca de qual é a **relação entre teoria e observação** passa por considerar a dependência teórica da observação. É importante perceber que o objectivo de elaborar teorias é a explicação e a previsão, a procura de compreensão do mundo real. As teorias são estruturas complexas, com êxito ou fracasso na descrição e explicação de fenómenos observáveis, sem serem dependentes de nenhuma observação em particular. É reconhecido que as teorias crescem e se desenvolvem para melhor acomodar as evidências observacionais. Na prática, nenhuma teoria pode acomodar todas as observações no seu domínio e, quando as anomalias permanecem, se tornam socialmente significativas e falham nos aspectos fundamentais, a teoria inicia um processo de decaimento.

Os conceitos são inventados e significam diferentes coisas para diferentes pessoas e, como construções que são, influenciam a forma como interpretamos (vemos) o mundo. Por exemplo, o fracasso de uma teoria científica, antes reconhecida, pode conduzir a adoptar outra, por vezes incompatível com ela. O novo sistema teórico produz uma mudança dos problemas disponíveis para investigação e da forma como se passa a encarar o mundo, conduzindo a uma reavaliação dos factos anteriormente considerados (Kuhn 1975).

Papel da Experiência

A imagem acerca do **papel da experiência** no trabalho científico que a Nova Filosofia da Ciência (NFC) construiu passa pela ideia de que experiências livres de teoria não têm sentido e que, para qualquer tipo de trabalho de investigação e para descobrir qualquer coisa, é necessário trabalhar num quadro conceptual existente. É a estrutura conceptual que dá significado, propósito, intenção e direcção às experiências, ou seja, as considerações teóricas devem, então, preceder a investigação experimental.

A experiência não surge isolada, com uma qualquer intenção imediata de descoberta...

A experiência está assim envolvida num processo completo, que vai da identificação do problema no âmbito da teoria até à avaliação final, com ênfase para o planeamento experimental, para a observação, manipulação de aparelhos, uso de técnicas, interpretação e comunicação de resultados. Não se pode, desta forma, ter a ideia de que a experiência é o aspecto central da investigação científica e a fonte do conhecimento teórico. Deste modo é o contexto da descoberta que se valoriza e não só o contexto de justificação.

2.6.2.2. Progressão do Conhecimento Científico

Descoberta Científica - História da Ciência

Um dos aspectos da imagem acerca do processo de construção do conhecimento científico, de acordo com a NFC, passa por compreender que a descoberta é um complexo desenvolvimento, estendido no tempo e no espaço, com estrutura interna e que, com frequência, envolve um certo número de pessoas (Kuhn 1975).

O conhecimento aparece como o resultado da comunicação, com êxito, com o meio exterior, repositório de relações com significado para os sujeitos intervenientes e

incluídos na teia das suas "crenças". É esta situação que leva a pensar o processo criativo como um processo auto-comunicacional (Caraça & Carrilho 1995).

Acerca da construção (progressão) do conhecimento, Good (1994) questiona que meios levaram a tal conhecimento: como chegaram os cientistas às ideias sobre a natureza, qual o contexto no qual a ciência se tem desenvolvido e como tal contexto tem mudado através dos anos? A ciência não é uma marcha linear para a verdade, mas sim, como já entendida por Bachelard (1976), ela é uma luta dinâmica e não linear para entender a natureza.

Entre Hawking, para quem se está próximo de uma "teoria do tudo" (Ferguson 1993) e Prigogine (1996) para quem estamos "apenas no início da aventura", a ciência coloca-nos sempre perante a complexidade do mundo real.

A controvérsia e a argumentação são comuns e, de facto, ingredientes essenciais ao progresso da ciência.

Percebe-se pela História da Ciência que as ideias sobre a natureza da ciência mudam à medida que continuamos a questionar e a imaginar. Humanizar a ciência inclui apresentar as limitações e a forma como os cientistas chegaram às ideias; significa mostrar a progressão do pensamento de um cientista, revelar as incertezas na descoberta e o complexo processo das ideias em construção (Good 1994).

Após a identificação de uma anomalia, é requerida observação adicional ou experimentação, bem como repetida reflexão. Enquanto tal continua, os cientistas repetidamente revêem as suas expectativas, os seus instrumentos estandardizados e, algumas vezes mesmo, as suas mais fundamentais teorias. É neste sentido que as descobertas têm uma história interna (Kuhn 1975). É assim que, para formar uma imagem de construção dinâmica do conhecimento, não se pode perder de vista a história da ciência, para que "não se perca a memória", mas reflectir a origem e as mudanças sofridas pela ciência, bem como identificar factores que a influenciaram e valores subjacentes (Catalan Fernandez & Catany Escandel 1986).

O estudo das controvérsias que rodeiam o progresso da ciência, em contraste com o estudo de "produtos acabados" (factos, teorias e princípios sobre os quais o consenso está instalado), é um estudo da dinâmica da ciência, do seu contexto de descoberta. A ciência é uma construção humana e criativa. A controvérsia, em contraste com o êxtase, mostra como são complexos e subtis os resultados dos cientistas, como é difícil obter, interpretar e validar informação factual, como só raramente as disputas científicas são resolvidas em vencedores e vencidos, e ainda como as controvérsias perdidas podem ressurgir em novos caminhos (Silverman 1992).

Noção e papel da Verdade e do Erro

A verdade científica deve reportar-se às próprias teorias e o significado de dizer que uma teoria física é verdadeira é o mesmo que dizer que ela é capaz de explicar todas as proposições de conteúdo empírico até agora consideradas no campo de fenómenos da dita teoria. Introduz-se assim uma dimensão temporal da noção de verdade.

Da reflexão sobre os processos da ciência resulta a ideia de verdades relativas, sempre parciais, sempre discutíveis, sempre revisíveis. A ciência está empenhada na pesquisa de sucessivas verdades relativas, em que a veracidade se baseia na experiência e nas aplicações das descobertas científicas. Tal como refere Hodson (1986a), "a comunidade dos cientistas aceita como verdadeiras as teorias nas quais baseia o seu trabalho" e é nelas que acredita.

Podemos aperceber-nos, pelo recurso à HC, de que não existe sequer um critério bem determinado de verdade. Por um lado a HC deve determinar em que momento foi descoberto e inventado cada facto, lei ou teoria científica contemporânea, por outro deve descrever e explicar o conjunto de erros, mitos e superstições que impediram uma acumulação mais rápida dos componentes do caudal científico moderno (Kuhn 1975).

A ciência é humanizada quando os conhecimentos são vinculados às pessoas que lutaram para dar sentido à natureza e entender o universo em que vivemos. As histórias das descobertas científicas mostram uma construção mutável de ideias que são

apresentadas para explicar o nosso ambiente natural de maneira não-dogmática. As ideias sobre a natureza mudam à medida que continuamos a questionar e a imaginar. Humanizar a ciência inclui apresentar as limitações das ideias (Good 1994).

O erro não é o oposto da verdade, não é o impeditivo de alcançar a verdade, mas é factor de desenvolvimento científico. Algumas vezes, como refere Good (1994), "mesmo os mais sábios da nossa sociedade tinham conceitos errados sobre a natureza". Quando tornado consciente, analisado nas suas partes, é factor criativo de novas ideias explicativas.

O erro tem assim um papel activo e criativo, de conduzir ao questionamento, de obrigar a rever posições e a considerar aspectos eventualmente ignorados. Os erros são admitidos, considerados úteis ao pensamento; não são para abafar, nem isolar e ignorar, nem condenar. São, pois, consubstanciais para o progresso do conhecimento, como reconhece Bachelard. Na sua perspectiva dialéctica esclarece a necessária consciência do erro: "entre os dois pólos do mundo destruído e do mundo construído, propomo-nos introduzir, simplesmente, o mundo rectificado. E então, o eu racional é consciência de rectificação" (Bachelard 1949, Le racionalisme appliqué *in* Dagognet 1980, 23). Neste racionalismo aberto, "os conceitos devem ser rectificados e deformados, os fundamentos certificados de novo, as próprias experiências ou as aplicações renovadas", uma vez que "a ciência avança através das perturbações da descontinuidade" (Dagognet 1980, 25, 27).

2.6.2.3. Face Humana e Social da Ciência

Cientistas, comunicação de resultados e papel da comunidade científica

A imagem acerca da importância da comunicação de resultados e do papel da comunidade científica passa pela ideia de que o conhecimento tem que ser divulgado, mas que tal passa pela crítica de outros praticantes da especialidade. O critério da

verdade ou aceitabilidade é determinado pela comunidade científica e o conhecimento científico registado no estilo aprovado por ela. A verdade está sempre aberta a todo o género de revisões, confirmações ou eventuais alterações, e a comunidade científica é responsável por tais processos (Geymonat sd).

A imagem fomentada passa pela ideia de que o progresso do conhecimento científico é determinado por forças sociais e outras, e que grupos científicos compreendem grupos de pessoas trabalhando, comunicando, tentando convencer, decidindo ideias e procedimentos, controlando a admissão na comunidade e a publicação do novo conhecimento (Formosinho 1988; 1994). Os factos reflectem os valores e as aspirações dos cientistas que os recolhem (Gonçalves 1993); os cientistas, por seu lado, são os produtos da estrutura social da comunidade científica existente nesse domínio e no seu tempo, numa imagem de Kuhn.

Uma ideia, de algum modo original, desenvolvida por McCloskey (1985; *in* Caraça & Carrilho 1995), consiste em perspectivar um processo conversacional em que os interlocutores mobilizam os mais diversos recursos retóricos com o objectivo de persuadirem e de fazerem vingar o seu ponto de vista, em comunidades interactivas, em que o quadro disciplinar resulta da combinação das aquisições de novos conhecimentos com os desempenhos profissionais dos seus membros. Assim, a comunicação (de resultados) radica na argumentação que visa a adesão a uma tese e na retórica que modula a negociação da distância entre os indivíduos e as suas convicções (Meyer 1993 *in* Caraça & Carrilho 1995). Daí que seja possível distinguir dois registos: o das pretensões que uma teoria assume e o dos meios que utiliza para a promover e fazer aceitar, dando assim importância ao ressurgimento de uma nova retórica pelos novíssimos filósofos contemporâneos (Carrilho 1994).

A ciência tem agora a "imagem de uma instituição social que sofre fortes pressões da sociedade em que se insere e no seio da qual ocorrem relações de hierarquia e de poder, propícias ao aparecimento de um ambiente de grande competitividade que,

aliado a algumas características pessoais dos cientistas, como a ambição desmedida e a propensão para enganar, podem conduzir à fraude." (Silva *et al.*, 1994).

Os cientistas são pessoas com os atributos de qualquer outra, sujeitos ao condicionalismo humano (Good 1994; Silva *et al.,* 1994). Têm necessidade de divulgar os seus resultados para que outros os possam conhecer e utilizar como base para futuras investigações. A divulgação contribui para a cooperação entre os cientistas, essencial para o progresso da ciência. É ainda considerada a motivação pessoal para a obtenção de reconhecimento e fama, como referem Silva *et al.* (1994).

A NFC rompe, afinal, com a ideia de que a ciência são "algumas palavras específicas e um mito", como refere Giordan (1978), um mito de eficácia absoluta, tingida de inacessibilidade e de encantamento, e acentua a importância de se ser crítico e de ultrapassar a ideia de inacessibilidade da ciência, pois muitas das decisões políticas, económicas, etc., apoiam-se na presumível "autoridade da ciência" para se fazerem passar.

No quadro da Figura 2.3 apresentam-se, em síntese, as perspectivas epistemológicas enquadradas na NFC, abordadas.

2.7. Apropriações da Epistemologia da Ciência pela Didáctica das Ciências

2.7.1. O Papel da Epistemologia no Ensino das Ciências

As grandes reformas curriculares dos anos 80 sustentavam a ideia de que o ensino existente não proporcionava aos alunos uma visão autêntica sobre a natureza da ciência e de que se impunha uma inovação das práticas de ensino.

Para melhorar o ensino das ciências muitos investigadores têm vindo a sugerir algumas respostas, que passam pela inclusão da História e Epistemologia da Ciência nos currículos de Ciência e por uma formação epistemológica adequada dos professores.

A modificação curricular oferece uma imagem de ciência alternativa que a torna mais interessante e mais significativa (Dana 1990). Para uma melhor compreensão das articulações entre a História e Filosofia da Ciência (HFC) e a Educação em Ciência, torna-se imprescindível clarificar o significado das necessidades de Educação em Ciência e o papel da HFC, o que conduz a considerar a questão de compreender como é que a Filosofia da Ciência entra no currículo de ciências.

A Ciência tem sido, em termos gerais, definida como uma forma de dar sentido ao mundo natural. Contudo, a interpretação desta definição tem variado ao longo dos tempos, como analisámos em pontos anteriores. Os filósofos, cientistas e educadores têm visto o mundo como consistindo de factos reais e fenómenos observáveis, positivos, e o conhecimento científico não é então mais do que a descrição de tais fenómenos. Com este fim, um corpo de conhecimento científico foi criado, sendo visto como verdades inquestionáveis e definitivas, série de explicações que descrevem as interrelações dos objectos no mundo real. A Ciência tem sido tradicionalmente vista desta forma, pela sociedade e pelos próprios cientistas. Não surpreende que muitos professores de ciências a conceptualizem da mesma forma indutivista e empírico-positivista. Eles, e depois os seus alunos, são o produto do sistema escolar que apresenta esta imagem da ciência. As

imagens contemporâneas da ciência, que acreditam que o conhecimento científico não pode ser descoberto mas construído pelas percepções sobre o mundo real, raramente são as imagens passadas na sala de aula.

A Filosofia tem um lugar na aprendizagem da ciência, de forma a ajudar os alunos a ganhar uma melhor compreensão da natureza da ciência e de como os cientistas trabalham em ciência. Como refere Dana (1990), a Filosofia motiva e realça o ensino, gerando nos alunos interesse pelos argumentos filosóficos. Podem ser postas questões acerca da relação entre teorias e evidência, origens da definição científica de termos, podem ser discutidos critérios de boas experiências. Explorar questões sobre a representação do mundo por modelos, por exemplo, pode ser um caminho efectivo para incorporar aspectos de Filosofia da Ciência nas aulas, de modo a melhorar o interesse pela ciência.

O entusiasmo pela ciência gera questões acerca da natureza da ciência e do papel dos cientistas. Os alunos e o público em geral deveriam desenvolver uma compreensão da natureza tentativa das teorias científicas e das influências sociais e culturais nestas teorias. Como refere Dana (1990), "Science might become known as a way of understanding that is not much different than other human ways of understanding". Mais do que só factos e técnicas de laboratório, o julgamento científico é uma matéria crucial para ser aprendida. Sem explorar os aspectos filosóficos da ciência, falta alguma coisa sobre a descoberta científica e a razão por que os cientistas fazem o que fazem, proporcionando aos alunos uma reflexão sobre os contextos nos quais de desenvolve a ciência.

É importante oferecer aos alunos exemplos de tópicos explorados na sua dimensão histórica, na perspectiva que Matthews (1989) defende, da inclusão de contextos históricos e culturais nos currículos de ciências. Uma base histórica possibilita aos estudantes uma apreciação de como diferentes metodologias, imaginação, e instrumentação (relação CTS) figuram no desenvolvimento da compreensão científica.

Para Winchester (1989 *in* Dana 1990), "Historical aspects of science in science classes help to keep the romance of science alive". Alguns autores sugerem que se pode incluir no ensino das ciências investigação de manuscritos originais e réplicas ou alusão a experiências originais. Tais actividades ajudam a compreender aspectos particulares da ciência e dos cientistas, analisando trabalhos originais sobre o assunto e envolvendo os alunos nas controvérsias que envolveram as descobertas. Sem apresentar os aspectos históricos do desenvolvimento da ciência, o professor passa uma imagem que sugere que os cientistas "tropeçam" com os factos do mundo. E isso é permitir que os alunos tenham da ciência e do mundo real uma imagem distorcida. A questão social da ciência é igualmente uma faceta importante a ser considerada. Afinal, alterações e aspectos significantes na civilização produziram-se como resultados quase directos da Ciência. Debates à volta de se a ciência humaniza ou desumaniza a sociedade e as mútuas influências da Ciência e da Tecnologia são outro aspecto importante a ser considerado. O que parece, afinal, ser importante para um entendimento mais global é compreender o papel humano na ciência .

A História e a Filosofia conferem uma imagem mais holística do que é a ciência e do que a ciência faz. Ensinar ciência com uma base histórica e filosófica melhora a capacidade dos alunos para apreciarem como é que as ideias científicas se iniciam, desenvolvem e mudam (Dana 1990). E os alunos, com melhor compreensão histórica da ciência, podem mais completamente apreciar as implicações actuais da ciência e desenvolver imagens mais coerentes e actuais sobre a ciência e participar nos debates que a envolvem.

Nielsen & Thomsen (1990) relatam o processo de incorporação da História e Filosofia da Ciência no ensino das ciências, em particular da Física. A maioria dos alunos achavam a Física difícil, não relacionada com outros assuntos e igualmente com pouca relação com a vida real. A principal alteração curricular passou por uma proposta de

apresentação da Física como uma actividade humana e a inclusão de História e Filosofia da Ciência é suportada por um conjunto de razões apontadas pelos autores, que passam por valorizar o aspecto humano e compreender como a cultura influencia a ciência e vice-versa, o que é facilitado pelos estudos em contexto histórico, cria atitudes mais positivas nos alunos e melhora a compreensão da origem de conceitos fundamentais.

Se aprender acerca da ciência, a sua história, filosofia, contexto social era de menor importância nos currículos dos anos 50 e 60 (Matthews 1989), para a construção de cidadãos intervenientes não se pode descurar tal aspecto na educação básica e actual.

A Filosofia melhora e desafia o ensino. Como aponta Matthews (1989), uma simples lição de mecânica pode ser transformada se são postas questões acerca da relação das teorias com a evidência, acerca dos requisitos de uma boa experiência ou outras questões... e o ensino da combustão deve incluir uma apreciação da teoria do flogisto, pois que, quando compreendida historicamente a concordância com a observação, e, se se possibilita tal discussão, torna-se enriquecedor e claro que não se tratava de uma teoria absurda, como se pensa muitas vezes.

Apontadas que são necessárias mudanças, é imprescindível que os professores tenham oportunidade de aprender acerca da imagem pós-positivista da natureza da ciência, para melhorar o ensino da ciência.

Os professores precisam, para se integrarem numa tal perspectiva de ensino, de desenvolver e apresentar um quadro mais completo da ciência e da história e filosofia da ciência.

De forma directa, Gallagher (1991) considera que o conhecimento dos professores de ciências acerca da natureza da ciência é importante, porque tem um papel-chave na formação de uma imagem de ciência para o público em geral. A maior parte dos professores tem uma imagem de ciência como corpo de conhecimentos e é nesse aspecto que põe a ênfase nas suas práticas de ensino. É deste modo uma questão central a que passa pela formação de professores.

O "Porque é que os professores de ciências ensinam assim?" é muitas vezes justificado pelas suas próprias experiências de aprendizagem e pela sua formação (Gallagher 1991). E, como acentua este investigador, os alunos aprendem muito do corpo da ciência mas "learn relatively little about the processes of science, or its utility beyond the laboratory". Para os professores de ciência, aprender acerca dos processos científicos e da natureza da ciência, implicaria outras fontes de conhecimento, tais como cursos em história, filosofia ou sociologia da ciência.

Gallagher (1991) avança as finalidades do ensino da ciência: 1. Compreender conceitos e princípios da ciência; 2. Compreender os processos da ciência com especial ênfase no desenvolvimento do conhecimento científico; 3. Aplicar o conhecimento científico à vida de todos os dias fora da escola; 4. Adquirir atitudes positivas para com a ciência e atitudes científicas. Em conclusão do estudo com futuros professores e com professores de ciências, o investigador conclui da dificuldade de perseguir tais finalidades, uma vez que estes têm um conhecimento limitado de história e filosofia da ciência, porque tiveram poucas oportunidades nesses campos e têm uma imagem distorcida da natureza da ciência porque a sua educação científica foi focada no corpo de conhecimentos da ciência e foi-lhes dada pouca ênfase nos processos pelos quais o conhecimento científico se desenvolve e valida. Como consequência, os seus alunos não compreendem, igualmente, como é que é formulado e validado o conhecimento científico, e não conseguem articular atitudes que são parte do *ethos* da ciência. Outro aspecto diz respeito às aplicações do conhecimento científico a questões sociais... São igualmente incapazes de caracterizar o trabalho científico como tentativo e criativo. E, como Gallagher (1991) salienta, tal resulta numa imagem pública da ciência e dos cientistas desinteressante e desapropriada.

Os filósofos concordam que aspectos relacionados com a produção de conhecimento sugerem que este é construído mais do que descoberto (Benson 1989). Esta posição epistemológica construtivista contrasta com a posição positivista de pensar

a ciência, em que o conhecimento é entendido como existindo no mundo e confirmado ou refutado por investigação de base empírica. A perspectiva construtivista rejeita a ideia de que exista uma "colecção objectiva" de dados que é procurada no mundo real.

Uma das implicações de uma epistemologia construtivista para a educação em ciência é que deve ocorrer um desenvolvimento nas ideias e conceitos dos alunos. A alteração deve ser a apresentação da ciência como *um* modo de saber, em vez *do* modo de saber (Benson 1989). Os professores devem apresentar o conhecimento científico como culturalmente baseado e as práticas da ciência como gerando o seu próprio critério racional para julgar a qualidade das teorias. Os pontos importantes desta alteração são as ideias de que o conhecimento científico é influenciado pela cultura e que as teorias acerca do mundo real não estão *nesse* mundo. As teorias são aspectos que fazem sentido porque criadas pelas pessoas para explicar os fenómenos; são socialmente sustentadas, são parte do mundo mas não estão nesse mundo, e podemos alterá-las ou abandoná-las de acordo com a nossa compreensão.

O aspecto particular das epistemologias construtivistas é que a ciência não é uma descrição da correspondência ou falta de correspondência entre teorias, realidade e conhecimento; mas a ciência é uma cuidadosa construção da nossa compreensão do mundo que é procurada na realidade. Um currículo de ciências deve proporcionar a compreensão do conhecimento como uma construção social e das teorias como actos criativos (Benson 1989).

A ideia de educação científica para os cidadãos do século XXI requere a reconsideração de muitos aspectos. Será desejável que todos os futuros cidadãos devam conhecer alguma coisa das grandes realizações intelectuais da ciência. Os alunos devem adquirir na escola uma base para funcionarem como cidadãos adultos em democracia. Jenkins (1992) fala na literacia científica e na compreensão pública da ciência e explicita a ideia de que a compreensão dos adultos relativamente à ciência não deve ser pior que, por exemplo, em relação à música ou à história.

Os valores de "objectividade", a perseguição da "verdade" pela aplicação directa "do método científico", a "autoridade da experiência" e o "consenso entre iguais", tradicionalmente encorajados pelos cursos de ciências, não estão de acordo com as perspectivas requeridas pelos mais democratas e interrogativos cidadãos que poderiam desafiar a ciência no que respeita a aspectos do dia-a-dia.

Os filósofos da ciência, de Popper a Khun ou Feyerabend, contribuíram para a revolução na filosofia empirista e indutivista da ciência, passando dos modelos lógicos para os modelos históricos. Tornaram antiquada "a espécie de ideologia da ciência, que, implícita ou explicitamente, conferia coerência e segurança a gerações de professores de ciências" (Millar 1990 *in* Jenkins 1992). Esta obsoleta ideologia foi caracterizada por Millar como "the standard view of science education", que não tinha propriamente uma ligação a qualquer filosofia particular.

É assim urgente a necessidade de uma reaproximação entre história e filosofia da ciência e ensino das ciências. É desejável ensinar no mesmo currículo tanto ciência como compreensão da sua natureza, ou seja, ensinar ciência e sobre ciência.

Tal aspecto constitui, sem dúvida, um importante desafio aos professores de ciências (Jenkins 1992).

Apesar de a natureza da ciência se manter uma matéria em debate e nalguns aspectos controversa, tem importantes implicações para a educação em ciência (Jenkins 1992), que assim pode ser estudada como uma actividade humanizada.

Para uma reconstrução do currículo de ciências para o ensino básico - ciência para todos -, é importante apresentar a ciência como uma realização humana de suprema imaginação, criativa e intelectual, os alunos devem deixar a escola sabendo o que a ciência tem a dizer sobre alguns aspectos de grande importância, e com uma imagem da Ciência como complexa interacção entre aspectos éticos, políticos, ideológicos, intelectuais, e considerando a dimensão externalista da descoberta científica... É o que Ogborn (sd referido por Jenkins 1992) chama "a vulgarização da ciência" que necessita

estratégias de ensino efectivas e atractivas. Estas estratégias requerem igualmente a rearticulação da educação em ciência com a educação para a cultura e para os valores.

Talvez o mais difícil, contudo, seja construir cursos de ciência que reconceptualizem a educação em ciências na escola.

Mellado Jiménez & Carracedo Gallardo (1994) consideram que a Didáctica das Ciências conta já com um certo corpo teórico de conhecimentos e que se está configurando como uma disciplina específica, pelo que é "un buen momento para estudiar y debatir los fundamentos epistemológicos de la didáctica de las ciencias", em particular porque "la filosofia de la ciencia ayuda a los profesores a explicitar sus puntos de vista sobre la construcción del conocimiento científico". Aliás, estes autores sublinham que o fracasso de muitos cursos sobre ensino das ciências tem a sua origem na ambiguidade que mantêm nas suas posturas epistemológicas, conduzindo a assumir muitas vezes implicitamente concepções positivistas sobre a natureza da ciência.

2.7.2. Relação da Epistemologia com as Práticas de Ensino - Aplicações na Sala de Aula

O artigo de Benson (1989) apresenta a relação entre a epistemologia do professor e o que ele ensina. Os professores atribuem a sua interpretação do currículo a constrangimentos situacionais diversos. O currículo é reduzido a um factor comum de não controvérsia visto como exteriormente imposto e neutro... e ensinar torna-se uma actividade ritualizada.

Fraser, Tobin & Kahle (1992) apontam factores que contrariam uma aprendizagem da ciência com compreensão. Como estes autores referem, geralmente os alunos aprendem ciências dos manuais escolares e o currículo é focado de forma centrada em testes que enfatizam a aprendizagem por memorização de factos e procedimentos; os

professores encontram nos testes e exames um constrangimento e defendem-se na forma como ensinam.

Os dados apresentados por Benson (1989) reflectem a experiência de três professores. Embora não sejam propriamente conclusivos, o que é sugerido é que há relações fortes entre as imagens do conhecimento, constrangimentos situacionais e as interpretações do currículo. Essas relações indicam que os professores reduzem o currículo a um nível comum no qual predomina o conhecimento objectivo e a sua forma de apresentação é externamente justificada. O currículo deve ser reorientado de uma fraca base epistemológica, para ser conceptualmente orientado para uma forte base epistemológica em direcção a uma visão humanística de desenvolvimento intelectual e de compreensão do mundo (Benson 1989).

Jenkins (1992) refere-se a um Inquérito da Association of Science Education de 1982, representando mais de 20000 professores de ciências, em que se fala de uma terminologia neutra da ciência, livre de aspectos culturais e de valores.

Os professores vêem-se a si próprios como consumidores de conhecimento. Colocam os cientistas num pedestal e consideram-nos com capacidades cognitivas que nem eles nem os seus alunos possuem. Vêem a ciência mais como um corpo de conhecimentos do que como um processo de investigação.

Laplante (1997) refere-se a uma definição de natureza da ciência onde esta é vista como um sistema sistemático, consistindo de um corpo de conhecimentos, processos de inquérito contínuos que produzem esse conhecimento e a comunidade envolvida na tarefa científica. Aos professores falta familiaridade com a produção de conhecimento científico:

> The situation observed in these two classrooms are not surprising. Teachers cannot be expected to model and teach how to be a knower in science any differently from how they themselves know in science. As Lyons (1990) suggests, teachers' views of themselves and their students as knowers inform their "assessment of how to present subject matter. (Laplante 1997)

Para Lederman (1992) esta imagem é uma das muitas variáveis que medeia a transposição das concepções dos professores acerca da ciência para a sala de aula.

Jensen & Finley (1995) desenvolveram uma intervenção de ensino sobre o tema da "evolução biológica" historicamente enriquecida. Usando pré e pós-testes aos alunos, consideraram que os resultados indicam que o uso de materiais históricos, em conjunção com uma estratégia de mudança conceptual, era promissor e melhorava a compreensão dos alunos acerca do assunto.

Mellado Jiménez (1994) em concordância com Gil-Pérez (1993) e Hewson (1994), considera que o professor transforma o conteúdo em representações compreensíveis para os alunos e atribui muita importância ao estudo das suas concepções de ciência, como primeiro passo para gerar nos próprios professores concepções e práticas mais adequadas. Defende os estudos de caso para investigações mais profundas sobre as concepções epistemológicas dos professores de ciências. Este investigador realizou um estudo com quatro professores em formação inicial, indo até à observação de aulas, e encontrou que eles não tinham uma concepção definida e coerente sobre o conhecimento científico, revelando, embora, tendências dominantes e algumas contradições. Os resultados não lhe permitem estabelecer um isomorfismo entre as concepções dos professores sobre a ciência e o ensino desenvolvido.

Guimas de Almeida (1995) estudou as representações e as práticas dos professores relativamente ao Trabalho Experimental e salienta, nas conclusões, a existência de fortes relações entre as concepções de ciência dos professores participantes no estudo e as suas representações de Trabalho Experimental, destacando um sentido predominante de perspectivas epistemológicas tendencialmente empiristas-indutivistas.

Benson (1989) salienta que, apesar da influência de vários factores situacionais, as posições epistemológicas dos professores exercem uma grande influência no currículo. Gallagher (1991) considera a maioria dos professores com posicionamentos positivistas

tradicionais enfatizando "o método científico" e a natureza objectiva da ciência. Tais professores não concedem tempo a ensinar aspectos da natureza da ciência ou fazem simples discursos introdutórios enaltecedores da ciência ou do método científico. Hashweh (1986) mostrou que os professores construtivistas usam estratégias de ensino mais ricas e potencialmente mais efectivas que os não construtivistas. Este autor reclama, contudo, por estudos em larga escala.

Laplante (1997) salienta que diferentes aspectos das imagens dos professores acerca da ciência são congruentes com as suas estratégias de ensino. Conclusões semelhantes apontam as investigações conduzidas por Brickhouse (1989; 1990), Brickhouse, Bodner & Neie (1987), e Gallagher (1991) entre outros. Estes autores defendem uma influência mais concreta das concepções epistemológicas nas práticas de ensino. Para Lederman (1986; 1992), a transposição destas imagens para os alunos é dependente de muitas variáveis situacionais. Tobin (1993) relaciona a transferência das concepções dos professores para a sala de aula com contextos particulares.

Lederman & Zeidler (1987) não negligenciam a possibilidade de que as estratégias estão relacionadas com as imagens acerca da natureza da ciência dos professores. Mas para estes autores, "possuir concepções válidas acerca da natureza da ciência não resulta necessariamente em melhoria das concepções dos alunos".

Estes trabalhos e outros estimulam a investigação dirigida para observar e analisar o trabalho dos professores, desde uma perspectiva epistemológica, tendo em conta as imagens destes acerca da ciência. Os autores referidos são todos unânimes em considerar a necessidade de incluir aspectos de Filosofia da Ciência nos cursos de formação inicial e na formação contínua de professores.

Nos últimos anos tem havido um interesse renovado na investigação das imagens dos professores e em particular das imagens epistemológicas. No essencial, tem-se dedicado mais atenção a estudos sobre concepções epistemológicas dos professores e a

relação entre estas e as suas práticas de ensino. Refiram-se, em particular pela sua incidência sobre professores portugueses, trabalhos de Praia & Cachapuz (1994a; 1994b; 1998). Em termos globais, o resultado essencial é a importância atribuída à formação dos professores no domínio da Epistemologia. Mais raramente aparecem propostas concretas de sequências de ensino organizadas. Estudos sobre a implementação efectiva de estratégias epistemologicamente fundamentadas são ainda escassos e recentes.

Na ideia de que são necessárias propostas concretas para uma reorientação das práticas de ensino, tendo em conta que "a construção de conhecimentos científicos tem exigências metodológicas e epistemológicas às quais é preciso prestar atenção explícita", Gil Pérez & Valdés Castro (1996) propõem um exemplo ilustrativo de uma sequência de ensino que envolve aspectos de trabalho experimental e que considera as possíveis implicações CTS, epistemologicamente orientada e comentada. Como eles próprios esclarecem, "pretende-se que os estudantes se familiarizem com a extraordinária riqueza da actividade científica, superando os reducionismos habituais", e isto para "proporcionar uma visão correcta da ciência como actividade aberta e criativa". Temos ainda acesso a outros exemplos ilustrativos de propostas de práticas de ensino na forma de Programas Guia de Actividades (Gil, Carrascosa, Furió & Martinez-Torregrosa 1991).

Cachapuz (1992) propõe a organização de uma sequência de ensino, explorando um percurso experimental no estudo da oxidação do ferro (enferrujamento) em articulação com a Nova Filosofia da Ciência. Como refere posteriormente (Cachapuz 1995b, 375-376), tais actividades podem ser adaptadas à introdução do conceito de reacção química, ao próprio estudo da oxidação-redução ou ainda ao estudo da velocidade das reacções. A inovação está, em particular, no modo e no sentido com que podem ser exploradas as actividades propostas.

Kortland (1996) desenvolve e conduz uma estratégia de orientação CTS sobre questões ambientais (lixos) e, após o ensino, apercebe-se que as argumentações dos alunos se tornaram mais evidentes, tendo aumentado a sua capacidade de decisão.

Praia (1995), num trabalho com professores, apresenta uma estratégia epistemologicamente fundamentada, em que predomina o recurso à história da ciência para o desenvolvimento de imagens consistentes sobre ciência e construção do conhecimento científico, explorando o período de controvérsia relativo ao tema da "deriva continental". Avaliando a sua consecução na sala de aula, o autor considera que a prática de ensino desenvolvida por esses professores tem um nível de consistência epistemológica mais adequado do que aquele que tinha encontrado em situações anteriores de observação naturalista. Um aspecto que ressalta da investigação é o nível de satisfação dos professores-colaboradores pelo envolvimento no projecto.

Hernandez Pérez (1997) apresenta uma alternativa fundamentada teoricamente, que melhore a aprendizagem do tema "natureza corpuscular da matéria", pretendendo apresentar um modelo de ensino alternativo em que se apresente uma imagem não distorcida da ciência e se familiarizem os alunos com os processos de construção da própria ciência. A tese valida a proposta da perspectiva da aprendizagem dos alunos e da aceitação pelos professores.

Numa linha metodológica de Programas de Actividades, e considerando um modelo de aprendizagem por investigação, Azcona Rivado (1997) sugere uma proposta didáctica no âmbito do tema "quantidade de substância e mole", igualmente validada por alunos e professores.

Campos (1996) elabora um conjunto de documentos que realçam a importância do contexto histórico na compreensão da natureza da ciência, da relação entre a ciência e o desenvolvimento tecnológico e social e aspectos ligados com a comunidade científica relativamente ao tema "ácido-base". Tais documentos podem constituir materiais de ensino epistemologicamente sustentado.

Zuzovsky (1994) discute uma abordagem epistemológica que enfatiza as semelhanças entre a aquisição de conhecimento por parte das crianças e por parte dos cientistas, nos seus contextos históricos. São tratadas questões de natureza epistemológica sobre o que é a ciência e o conhecimento científico, como se gera e evolui. O seu trabalho descreve uma abordagem na formação de professores sobre "evolução", usando a história da ciência. A impressão do autor é muito positiva, considerando que os professores evoluíram nas suas imagens sobre a natureza da ciência.

Na revisão aqui apresentada fica o incentivo ao desenvolvimento de novas propostas em variados domínios, que possam constituir, em termos de investigação, apoio a considerações feitas por autores vários acerca do valor da fundamentação epistemológica das práticas de ensino e, em termos práticos, constituir desafio aos professores para a implementação de tais estratégias.

Neste âmbito se insere o estudo que conduzimos e cujo desenvolvimento metodológico apresentamos no capítulo que se segue.

Capítulo 3

Apresentação e Fundamentação das Opções Metodológicas

3.1. Introdução

Um capítulo de Metodologia justifica-se pela necessidade de esclarecer, apresentar e fundamentar as decisões tomadas em relação ao desenvolvimento do Projecto.

O Estudo desenvolve-se em três fases distintas mas estruturalmente articuladas entre si numa lógica de investigação/formação que se justifica e descreve no decorrer deste capítulo.

Às diferentes fases, distintas pelos objectivos que lhe foram inicialmente atribuídos, bem como hipóteses de trabalho formuladas na sequência do problema equacionado, correspondem percursos metodológicos diferenciados, embora unidos pela perspectiva qualitativa, que se apresenta como a mais apropriada para o *design* do estudo.

Uma fase prévia justifica-se pela necessidade de dar consistência teórica às seguintes. Na escassez de instrumentos de análise da dimensão epistemológica de Práticas de Ensino de Ciências, na vertente da consideração de imagens sobre a ciência consistentes com um posicionamento epistemológico actual, justificava-se a construção de um tal instrumento.

Desta fase prévia constou ainda, necessariamente, a análise dos Programas de Ensino da Reforma Curricular (Capítulo 1) que confere contexto e oportunidade à Investigação desenvolvida, e aumenta a pertinência do tema seleccionado. Organizou-se um Questionário aberto para analisar a leitura que os professores fazem do texto do Programa Oficial.

Na Primeira Fase "entra-se" na prática de ensino. A comunidade científica que investiga no âmbito da Didáctica das Ciências reclama por estudos conduzidos dentro da "sala de aula", onde a interacção professor-aluno, conduz à aprendizagem de ciência e sobre ciência.

Após a descrição da construção e organização do Quadro de Análise, no presente capítulo, justifica-se a sua utilização na descrição e análise de prática de ensino (PE) dos professores intervenientes no estudo. Apresenta-se o modo como se aplicou ao estudo do conteúdo epistemológico das práticas de ensino das aulas videogravadas (Capítulo 4).

A Segunda Fase, do planeamento da mudança, em termos temporais teve a duração de um ano e ao longo dela se analisaram as aulas videogravadas na primeira fase, se preparou uma planificação, fundamentada epistemologicamente, sobre a temática seleccionada para o estudo (Capítulo 5), se escolheram os professores colaboradores que tomariam parte na terceira fase e se iniciou o seu processo de formação.

A Terceira Fase diz respeito à aplicação da proposta de planificação pelos professores colaboradores, num processo que se aproxima de um modelo de investigação-acção, que igualmente se descreve e justifica. O Capítulo 6 analisa, de novo, por aplicação do Instrumento de Análise, a prática de ensino realizada pelos professores colaboradores e a evolução entretanto verificada em relação à primeira fase em que eles participaram.

Após apresentar sumariamente as tendências actuais da investigação educacional, justificando a adequação das opções metodológicas seguidas em cada fase, apresenta-se um diagrama do plano da investigação, tal como foi desenvolvido (Figura 3.1),

articulando fases, objectivos, intervenientes, desenvolvimento e instrumentos metodológicos e calendarização (ponto 3.3) .

3.2. Tendências Actuais da Investigação Educacional

3.2.1. Paradigma da Investigação Qualitativa - Abordagem Etnográfica

Kemmis (1982 *in* Oja & Smulyan 1989) descreve quatro fases na história da investigação educacional. Na primeira, a que ele chama investigação interpretativa, educadores e filósofos, como Rousseau e Dewey, dão sentido à prática desenvolvendo teoria educacional em larga escala. Na segunda, técnica, os investigadores iniciam o uso de princípios e técnicas da ciência para examinar e melhorar a prática; a sua abordagem era optimista: os problemas identificados na educação podiam ser resolvidos através da aplicação de métodos e técnicas científicas. A terceira, pessimista, é de reacção à separação entre a teoria e a prática que resultou da abordagem técnica. A investigação passou a ser vista como irrelevante para a prática, domínio dos técnicos ou burocratas com pouca compreensão da vida na escola. Consequentemente, a investigação educacional moveu-se para uma quarta, auto-reflexiva, fase que reconhece os direitos e as actuações dos práticos como profissionais e encoraja o seu envolvimento na análise da prática e clarificação da teoria.

Mitter (1992) fazendo uma breve retrospectiva da evolução da investigação educacional refere que, competindo com a Filosofia e com a Psicologia, a Sociologia ganhou influência crescente na construção da teoria e na própria pesquisa empírica na área da investigação educacional:

> In the recent history of social sciences, sociology seemed to occupy the whole area of educacional research and to include it in its own research area, referring among other arguments to the thesis that "education" has to be subsumed in the superior concept of "socialisation".

O fenómeno educacional foi estudado por muito tempo como se pudesse ser isolado, para uma análise em laboratório, onde as variáveis que o compõem pudessem também ser isoladas, a fim de se constatar a influência que cada uma delas exercia e foi-se percebendo que:

> poucos fenómenos nessa área podem ser submetidos a esse tipo de abordagem analítica, pois em educação as coisas acontecem de maneira tão inextricável que fica difícil isolar as variáveis envolvidas e mais ainda apontar claramente quais são as responsáveis por determinado efeito (Ludke & André 1986, 3).

Assim, como na década de 80 apontava Landsheere (1986), "a um método que privilegia o quantitativo opõe-se o que põe à frente de tudo o qualitativo" (*op. cit.*, 18), referindo que "nos centros de investigação mais avançados, ela atinge tanto no seu quadro teórico como nos seus métodos e nas suas técnicas, um nível qualitativo elevado" (*op. cit.*, 18) e sistematiza a tendência do arrastado debate entre quantitativo e qualitativo no que respeita à investigação educacional da seguinte forma: "Ver-se-á que uma das principais tendências da investigação actual é a de conceder um lugar cada vez mais importante à abordagem qualitativa" (*op. cit.*, 21).

Um paradigma quantitativo supõe aceitação de pressupostos mecanicistas, estáticos, a-históricos, próprios de um paradigma positivista que permite pensar que os indivíduos podem ser estudados de modo objectivo mediante análises empíricas e *designs* experimentais, admitindo que a selecção e organização dos dados se pode fazer isolando e ignorando o contexto social e cultural em que se produzem e obtêm. E assim, a prioridade e preocupação com as medidas quantitativas, fiabilidade, previsão e replicabilidade, acabam por converter-se, como aponta Santomé prefaciando a obra de

Goetz & LeCompte (1988), em filtro de toda a realidade social: "Só existe aquilo que tais filtros deixam passar, tudo o demais se converte automaticamente em inexistente ou mera fantasia" (*op. cit.*, 13).

Um paradigma de raiz etnográfica não aceita a separação dos indivíduos do seu contexto nem a ignorância do próprio ponto de vista dos sujeitos investigados e das suas interpretações.

Spradley & McCurdy (1972, *in* Goetz & LeCompte 1988) definem uma etnografia como a descrição ou reconstrução analítica de cenários e grupos culturais intactos, ressaltando a sua característica cultural. Além disso, a etnografia é um processo, uma forma de estudar a vida humana, utilizando uma variada gama de técnicas para obter os seus dados. Como se sublinha na obra de Goetz & LeCompte, põe o acento nos métodos qualitativos, constituindo-se num paradigma que com eles se identifica, de orientação naturalista, fenomenológica e holística.

A "interpretação" é a palavra definidora desta diferente abordagem. Faz recurso dos *designs* qualitativos para a realização prática dos seus estudos, que descrevem e reconstróiem o mundo no qual os sujeitos coabitam, com base numa filosofia interpretativa e reconstrutivista da realidade.

A expressão "investigação etnográfica" utiliza-se num sentido muito amplo. Circunscrevendo-se ao âmbito escolar, o objectivo centra-se em investigar o que ali acontece quotidianamente com a intenção de aportar dados significativos, da forma mais descritiva possível para os interpretar e poder compreender e intervir. Tais dados tratam dos contextos onde têm lugar as diversas interacções e das actividades, valores, ideologias e expectativas de todos os participantes (professores, alunos e inclusivamente o próprio investigador).

Há dois aspectos importantes a considerar na análise dos dados no que respeita aos estudos qualitativos: a audácia de ultrapassar os limites da "mera descrição" e o comprometimento do investigador com uma postura determinada tomando posição relativamente ao significado do seu estudo. A interpretação exige que se especifique o

que os dados significam para as questões colocadas no estudo e no final a comunicação deste deve indicar o que significam os resultados e como estes fazem avançar uma linha concreta de investigação (Goetz & LeCompte 1988, 210-211). Sobre o mesmo aspecto Ludke & André (1986) referem que a tarefa de análise implica a organização de todo o material, dividindo-o em partes, procurando identificar tendências e padrões relevantes e que num segundo momento se buscam relações e inferências num nível de abstracção mais elevado, em confronto permanente com os princípios teóricos do estudo (*op. cit.*, 45).

Muitos investigadores e professores, dado o peso da cultura positivista, chegaram a estar obcecados por "obter a verdade absoluta", universal, livre e independente de valores, a-histórica e, portanto não humana (Goetz & LeCompte 1988, 14). As abordagens qualitativas surgiram como tentativa de contornar tais deformações.

No que diz respeito à validade, neste paradigma qualitativo, ela não é nunca medida pela generalização conseguida nem por pressupostos supostamente "objectivos" mas, citando Smith (1984 *in* Ludke & André 1986, 52):

> o máximo que se pode exigir, tendo em vista os próprios pressupostos da pesquisa qualitativa, é que haja um certo consenso, num determinado momento, sobre a veracidade daquilo que foi apreendido e relatado. O importante é manter uma atitude flexível e aberta, admitindo que outras interpretações podem ser sugeridas, discutidas e igualmente aceites

Tratar-se-ia de chegar a uma forma de consenso alargado decorrente menos da aplicação de regras previamente definidas mas antes duma verdadeira convergência das subjectividades individuais como um ponto de encontro que constituiria o resultado de algum modo necessário da explicação e da análise das percepções e das opiniões pessoais (Landsheere 1986).

Lythcott & Duschl (1990) chamando a atenção para a necessidade de "reflectir no como é que sabemos o que sabemos", defendem o uso da investigação qualitativa pela

identificação com uma perspectiva construtivista da educação e afirmam que "the validity of our research efforts springs from the authority provided by a coherent, world view of shared meaning" (significado compartilhado).

A triangulação, método de confronto de dados provenientes de diversas fontes e referido em muitos autores (Ludke & André 1986, Allwright 1991; Robson 1993; Feldman 1994), impede que se aceite demasiado facilmente a validade das impressões iniciais; amplia o âmbito, densidade e claridade dos constructos desenvolvidos durante o decurso da investigação (Goetz & LeCompte 1988, 36).

3.2.2. Estudo de Caso e Investigação-Acção como Estratégias de Investigação

A abordagem etnográfica e as suas metodologias qualitativas contribuem para um maior entendimento crítico das situações e fenómenos educativos e para uma mais adequada e consciente intervenção (Santomé 1988 *in* Goetz & LeCompte 1988). O propósito dos seus pressupostos e investigações no terreno da educação deve encaminhar-se, numa perspectiva que partilhamos com estes autores, pelo menos, em duas direcções convergentes: a) com vista a analisar a realidade, compreendê-la melhor e intervir nela mais reflexiva e eficazmente, e b) com vista à formação e aperfeiçoamento dos professores.

A defesa das abordagens metodológicas qualitativas, no âmbito da investigação conduzida sobre prática de ensino, orienta-se directamente para estratégias particulares que autores como os referidos e outros (por exemplo Cohen & Manion 1980), embora reconhecendo vantagens no pluralismo metodológico, identificam como Estudo de Casos e Investigação-Acção:

> We content that world-wide a better mix of methodologies exists, that pluralism of methods should be retained, and that clear benefits emerge when studies use qualitative approches such as case study and action research in order to understand better and to improve practice teaching, supervision and in-service education. (Tisher & Wideen 1990, 257).

De acordo com Yin (1987), que defende o "estudo de caso como um método rigoroso de investigação" (*op. cit.*, 11), "case studies are the preferred strategy when "how" and "why" questions are being posed, when the investigator has little control over events and when the focus is on a contemporary phenomenon within some real-life context." (*op. cit.*, 13).

Reforçando a nossa perspectiva qualitativa, "the case study allows an investigation to retain the holistic and meaningful caracteristics of real-life events" (Yin 1987, 14). Uma definição mais técnica e dirigida, em nosso entender, já para a própria condução da investigação, é dada, ainda, por Yin (*op. cit.*, 23):

> A case study is an empirical inquiry that:
> .investigates a contemporary phenomenon within its real-life context; when
> . the boundaries between phenomemon and context are not clearly evident; and in which
> . multiple sources of evidence are used

Como em qualquer investigação "the design is the logical sequence that connects the empirical data to a study's initial research questions and, ultimatly, to its conclusions" (Yin 1987, 28). A utilização de várias fontes de evidência é recomendada por todos os autores que se referem ao estudo de caso como estratégia investigativa. De entre os métodos de recolha de dados necessários para a sua condução a observação é sempre tomada como central. Entrevistas, análise documental, questionários ou outros métodos são igualmente importantes para iluminar o caso em estudo. Algumas técnicas são indispensáveis para aumentar o rigor investigativo: videogravações e audiogravações,

transcrições de observações e de entrevistas constituindo-se em protocolos, registos e notas frequentes, consulta de documentos vários.

Sobre questões de generalização dos resultados do estudo de caso, consideramos o que diz Yin (1987, 21): "How can you generalize from a single experiment? (...) case studies, like experiments, are generalizable to theoretical propositions and not to population or universes". E a tal propósito, Marcelo *et. al.* (1991, 20 *in* Abrantes 1996) referem "el problema del estudio de caso, no es tanto de generalización como de transferibilidad. (...) Dar muestras de la transferibilidad del caso es una preocupación y exigencia básica en los estudios de caso, pero no su generalización científica".

Ludke & André (1986) usam a expressão "generalização naturalística", explicando que pode o leitor aperceber-se de semelhanças entre a sua realidade e o caso descrito e pode "desenvolver novas ideias, novos significados, novas compreensões" (*op. cit.*, 23), ressaltando a característica dinâmica do estudo de caso.

Sendo o caso estudado no seu contexto real, em que não há manipulação de variáveis, nem tal é desejável, as suas pretensões são conhecer e comprender melhor a complexidade dos processos nos quais os indivíduos se movem, com vista a uma possível intervenção. A intervenção volta a poder ser alvo de uma semelhante estratégia investigativa, agora com contornos de investigação-acção.

Partilhamos a opinião de Santomé (*in* Goetz & LeCompte 1988) quando afirma que as etnografias não devem ficar exclusivamente pela sua dimensão descritiva mas, como modalidade de investigação educativa, devem coadjuvar e sugerir alternativas teóricas e práticas, conducentes a uma intervenção pedagógica melhor. Uma tal tarefa precisa de uma autêntica colaboração entre os investigadores e os professores. A perspectiva etnográfica supõe assim um grande passo em frente, na medida em que um dos aspectos que define esta investigação é a intensidade das relações que se estabelecem entre o investigador e os investigadores-colaboradores (*op. cit.*, 17). A autêntica profissionalidade dos docentes mede-se pelo grau de consciência e autonomia das suas acções, e a etnografia converte-se num recurso formativo do professor ao

ajudá-lo a colocar questões e problemas que possivelmente sem a ajuda do investigador lhe passariam despercebidas (Santomé 1988 *in* Goetz & LeCompte 1988). Assim sendo, torna-se condição necessária antecedente de uma Investigação-Acção que os práticos sintam necessidade de iniciar mudanças, de inovar (Elliott 1991, 71). O principal foco é encorajar os professores a envolverem-se na sua própria prática e verem-se como investigadores (Stenhouse 1993).

Como clarifica McNiff (1988, 4):

> Applied to classrooms, action research is an approach to improving education through change, by encouraging teachers to be aware of their own practice, to be critical of that practice, and to be prepared to change it. It is research WITH, rather than research ON.

Investigação-Acção (IA) implica adoptar deliberadamente abertura a novas experiências e processos e entrar de forma consciente no próprio desenvolvimento profissional e pessoal (McNiff 1988, 9).

Ultrapassando a tradição que vê a teoria a determinar a prática e os professores como técnicos, na abordagem defendida consideram-se os contributos dos actores tão válidos como os do investigador. Para este a IA constitui uma tarefa importante, mas dependente das intenções reflectidas dos professores para mudar as suas práticas curriculares e pedagógicas nas escolas (Elliott 1991, 72). O objectivo da IA consiste em proporcionar elementos que sirvam para facilitar o julgamento prático em situações concretas e a validade das teorias e hipóteses que gera não depende tanto de provas "científicas" de verdade, como temos vindo a sublinhar ao longo da apresentação da nossa linha metodológica, mas da sua utilidade para ajudar as pessoas a actuar de modo mais inteligente e comprometido. Como refere Elliott (1991, 88) na IA as "teorias" não se validam de forma independente para as aplicar de seguida na prática, mas através da prática.

De Lewin, nos anos quarenta, a Kemmis (1986) e outros clássicos, a IA é descrita como uma espiral de passos, cada um deles composto de: planificação, acção, observação, reflexão, planificação. Como McNiff (1988, 73) sugere:

> The contents follow an action-reflection spiral of identifying a problem; imagining a solution; implementing the solution; observing the effects; evaluating the outcomes; modifying actions and ideas in the light of the evaluation; replanning for the next action step. It is easier to make sense of things, including data, if this type of organised action-reflection plan is adopted.

A investigação-acção, integrando no processo participantes e observadores, é um instrumento privilegiado de desenvolvimento profissional dos docentes. Vários autores sublinham que na colaboração que a IA impõe, os professores e os investigadores perseguem objectivos comuns e mutuamente planificam o *design* investigativo, recolhem e analisam dados e obtêm os resultados (Oja & Smulyan 1989, 12). Assim considerada, a própria prática profissional do docente é um processo de acção e de reflexão cooperativa, de indagação e experimentação, onde o professor aprende ao ensinar, e ensina porque aprende, e ao reflectir exerce e desenvolve a sua própria compreensão conduzindo à transformação assumida da sua prática enquanto profissional (Elliott 1994).

3.2.3. Para um Desenvolvimento Profissional dos Professores - da Investigação-Acção à Formação Reflexiva.

A Investigação-Acção (IA), ponte entre a teoria e a prática, enfatiza a melhoria da prática e a compreensão do processo (Elliot 1991, 63). "We must find a way of bridging the tradicional divide between educational theory and professional practice" (Whitehead

in McNiff 1988, ix). Como diz McNiff, a IA encoraja o professor a ser reflexivo na sua própria prática com vista a melhorar a qualidade da educação para si e para os seus alunos e activamente envolve os professores como participantes no seu próprio processo formativo.

Noffke & Zeichner (1987 *in* Oja & Smulyan 1989, 15) analisam os principais resultados da participação dos professores em projectos de IA:

> increases in teachers' feelings of self-worth and confidence; increases in teacher' awareness of classroom issues; changes in teachers' disposition toward reflection; increases in teachers' awareness of and/or changes in specific educational beliefs; development of greater congruence between teachers' practical theories and practices; and a broadening of teachers' views on teaching, schooling, and society.

O conceito de educação como finalidade do ensino, transcende a conhecida distinção entre processo e produto. A melhoria da prática supõe ter em conta ao mesmo tempo os resultados e os processos. Quando se considera a prática como a tradução dos valores que determinam os seus fins como formas concretas de acção, a sua melhoria supõe necessariamente um processo continuado de reflexão a cargo dos práticos.

Após a publicação dos trabalhos de D. Shon (1983; 1987) sobre "prática reflexiva", esta expressão tornou-se muito popular no discurso relativo ao desenvolvimento profissional.

Elliot (1991) identifica a prática reflexiva de Schon com o que ele próprio considera a IA. Nesta forma de investigação educativa, a abstracção teórica desempenha um papel subordinado no desenvolvimento de uma sabedoria prática baseada nas experiências reflexivas de casos concretos.

Elliott (1994) enfatiza a necessidade de reconsiderar a natureza da prática docente. No meio complexo, singular, mutante, e imprevisível dos intercâmbios sociais na aula, o professor não pode ser concebido como um simples técnico que aplica rotinas pré-estabelecidas a problemas estandardizados como o melhor modo de orientar

racionalmente a sua prática. A intervenção do professor é um autêntico processo de investigação e a orientação meramente técnica da função docente desprofissionaliza os professores.

Dewey, impulsionador do "paradigma reflexivo", distinguia "pensamento" de "pensamento reflexivo". Segundo a interpretação de Zeichner (1993, 18): "a reflexão não consiste num conjunto de passos ou procedimentos específicos. (...) É uma maneira de encarar e responder aos problemas, uma maneira de ser professor", identificando capacidade de reflectir com o próprio profissionalismo.

Dewey mantém-se assim como referência na formação de professores e nomeadamente através da sua influência sobre Schon. Embora este último não dedique as suas obras especificamente ao campo da educação e formação de professores, tornou-se, também aí, um marco indispensável. Alarcão (1991b) interpreta a atracção por Schon:

> Os seus interesses giram à volta de três temas muito actuais: por um lado o conceito de profissional que tem que ser eficiente e a quem se pedem contas; por outro o da relação entre teoria e a prática; e finalmente a temática da reflexão e da educação para a reflexão

Há uma necessidade de compreender a própria actividade profissional integrando ciência, técnica e arte, a que Shon chama "artistry", e o saber do profissional como um saber-fazer sólido, teórico e prático, inteligente e criativo que lhe permite agir, reflectindo e dialogando com a própria situação. Tal conduziria à construção activa do conhecimento na acção (learning by doing).

Embora motivo de alguns desacordos pelos seus críticos, "por conservadorismo ou por outros motivos" (Abrantes 1996, 22) a competência que se exigiria ao profissional implicaria: conhecimento na acção, reflexão na acção, reflexão sobre a acção e reflexão sobre a reflexão na acção, a implicar aspectos de formação e investigação que se dirigem para uma revalorização do conhecimento que advém da prática reflectida (que se afasta da rotina e da mera técnica) e que é conhecimento contextualizado (construtivista e

situado). Está assim envolvida uma estratégia pessoal, heurística, em que a experimentação e a reflexão são de primordial importância. Shon identifica três estratégias principais de formação, em que estão sempre presentes a intenção e decisão pessoal, o envolvimento e a reflexão: experimentação em conjunto, demonstração acompanhada de reflexão e homologia. O papel do profissional prático e a sua implicação no processo de formação são centrais mas necessariamente embricados com a colaboração e acompanhamento do investigador como formador e profissional mais experiente.

3.2.4. Análise de Conteúdo

Uma das técnicas indispensáveis para a condução de investigações qualitativas, na perspectiva apresentada, é a análise de conteúdo, e daí a necessidade de nos debruçarmos sobre tal aspecto.

A análise de conteúdo é um conjunto de instrumentos metodológicos que se aplicam a "discursos" diversificados. O factor comum de tais técnicas múltiplas é uma hermenêutica baseada na inferência (Bardin 1977, 9). A inferência (dedução lógica - ligação entre proposições) é o procedimento intermédio que permite a passagem da descrição (enumeração das características do texto resumidas após tratamento) à interpretação (significação concedida a estas características).

Na análise qualitativa é a presença ou a ausência de uma dada característica de conteúdo num determinado fragmento de mensagem, que é tomado em consideração. Uma análise do conteúdo é um vai-vem contínuo entre um quadro teórico e um *corpus* de dados, porque "não existe o pronto-a-vestir na análise de conteúdo" (*op. cit.*, 27, 31) mas somente algumas regras de base, por vezes dificilmente transponíveis. "A técnica de análise de conteúdo adequada ao domínio e ao objectivo pretendidos tem que ser reinventada a cada momento" (*op. cit.*, 31).

Do ponto de vista investigativo, o interesse não reside na descrição dos conteúdos, mas sim no que estes nos poderão ensinar após serem tratados. O investigador possui à sua disposição, ou cria, todo um jogo de operações analíticas, adaptadas à natureza do material e à questão que procura resolver.

"Pour un chercheur qualitatif, intuition et discernement sont dans une certaine mesure essentiels. Il y a des moments d'inspiration subite. Les choses se mettent en place'" (Huberman & Miles 1991, 387). Na ideia de que "l'homme est un découvrer de sens, même dans les ensembles de données les plus indéniablement chaotiques" (*op. cit.* 1991, 388).

3.2.5. Adequação das Opções

O *design* metodológico do estudo e as opções de estratégias e técnicas investigativas decorrentes da problemática e orientadas pelas hipóteses formuladas convergem para um todo que se pretende coerente em direcção a uma proposta de inovação e de mudança ao nível das práticas de ensino.

A importância atribuída aos princípios, ao processo e às finalidades faz-nos dar realce à reflexão sobre as próprias opções metodológicas do Estudo. Como referem Huberman & Miles (1991) "La dificulté la plus sérieuse et la plus centrale de l'utilisation de données qualitatives vient du fait que les méthodes d'analyse ne sont pas clairement formulées" (*op.cit.*, 23). Apontam ainda que poucas vezes são detalhados os próprios métodos de análise qualitativa nos estudos de caso publicados (*op. cit.*, 24). Procuramos, no Estudo, dar ênfase ao processo e deixar o mais explícito possível as opções que foram sendo tomadas, os motivos dessas escolhas, os instrumentos usados e os métodos seguidos.

As fases em que se estrutura o estudo são distintas, mas convergem estruturalmente para uma finalidade. Assim permitem uma calendarização sequencial na sua execução e, de acordo com as posições metodológicas apresentadas, encerram opções estratégicas que consideramos evolutivas: de Estudo de Casos em ambiente naturalista (descritivos e interpretativos) para Estudo de Casos com envolvente de Investigação-Acção (Colaborativa). Tais aspectos traduzem-se no plano da investigação em que se apresenta a seguir e em que se confronta a caracterização de cada Fase com os Objectivos, o Desenvolvimento Metodológico e Aspectos Organizativos.

3.3. Plano da investigação

Fase do Estudo	Caracterização	Objectivos Específicos	Desenvolvimento Metodológico	Partici pantes	Local	Data
Fase 0 inicial	**Um Quadro Conceptual baseado na NFC**	- Construir um Quadro Teórico de Referência	Análise Documental: - Preparação do instrumento de análise das PE; - Análise do Programa da RC	Investig		1994
1ª Fase	**Caracterização de Práticas de Ensino (PE)** "Que congruência entre o Quadro Teórico e as PE?"	- Caracterizar perspectivas epistemológicas de PE: - Identificar áreas críticas de formação ao nível da integração didáctica de perspectivas epistemológicas - Analisar representações de professores sobre o Currículo Intencional.	*Estudo de Casos* Perspectiva naturalista Videogravação de PE Observação e análise de aulas Questionário: leitura crítica dos Programas por professores	4 Prof (A, B, C e D)	4 Esc. Básic. e Sec.	1994 Ano lectivo 1995/ 1996

2ª Fase	**Planeamento da mudança** "Que mudanças possíveis"	- Preparar materiais de ensino epistemologica/ fundamentados com vista à formação dos colaboradores - Seleccionar os colaboradores (critérios) - Formar os colaboradores para a 3ª Fase	Preparação de materiais para formação dos professores: Documento de HC; Proposta de planificação epistemologica/ fundamentada Início da Formação: Seminário e Selecção dos colaboradores	11 Prof 2 Prof (A2 e C2)	Univ Av. ESE CB e Esc. Partic	1997
3ª Fase	**Inovação** "Da situação encontrada à reconstrução das Práticas de Ensino"	- Desenvolver alternativas de estratégias de ensino epistemologica/ fundamentadas na NFC (com recurso à HC, TE e perspectiva CTS)	*Investigação-Acção Colaborativa* Formação dos colaboradores Videogravação de PE Observação e análise de aulas *Avaliação do Projecto:* - Triangulação: Análise da PE Entrevista aos Alunos Entrevista aos Prof	2 Prof (A2 e C2) Grupo de alunos 2 Prof (A2 e C2)	Esc. Básic. e Sec.	Ano lect 1997/ 1998 1998

Figura 3.1 - Diagrama-síntese do desenvolvimento do percurso de investigação

Passa-se em seguida à apresentação e justificação das técnicas e instrumentos utilizados no âmbito do quadro metodológico que foi apresentado.

3.4. De um Quadro Conceptual Baseado na Nova Filosofia da Ciência à Análise de Práticas de Ensino

3.4.1. Análise Documental - O Programa Oficial e o Questionário aos Professores

Após a análise do Programa Oficial organizou-se um Questionário a ser passado a professores de Física e Química, em particular aqueles que colaboraram nas fases principais do estudo.

O Questionário foi elaborado com os seguintes objectivos específicos:

- averiguar até que ponto foi efectuada/proporcionada formação para o ensino com os Novos Programas,

- analisar posicionamentos epistemológicos dos professores de Física e Química na leitura dos Programas,

- identificar e analisar dificuldades de leitura dos Programas no que respeita à dimensão epistemológica;

de modo a poder cruzar, nas reflexões finais e implicações do Estudo, com a análise proveniente da observação de aulas.

3.4.2. Construção do Questionário

Para tal análise da leitura dos Programas elaborou-se um instrumento que exigia uma resposta aberta, tendo como documento de referência o Programa Oficial de Física e Química em vigor para o 3º Ciclo do Ensino Básico.

Fez-se um ensaio piloto para analisar a sua exequibilidade. Em seguida foram distribuídos os questionários por professores de uma amostra de várias escolas. Tal distribuição fez-se de forma personalizada, com base no conhecimento de algum elemento do Grupo de Física e Química (Delegado de grupo ou outro), com a intenção de implicar mais os professores. De referir que para além dos professores colaboradores, efectivamente, a devolução foi extremamente baixa, cerca de 10% do número de questionários entregues (Paixão & Cachapuz 1997; 1998).

Não foi no sentido de economia de tempo e de trabalho (Nisbert & Entwistle 1980, 55) que se optou por questionário mas porque era necessária a consulta do Programa para dar resposta às questões colocadas, algumas inseridas no próprio texto programático, como se explicitava pela indicação da página das afirmações transcritas do texto oficial. Pedia-se um comentário e análise críticos. Por esse motivo se considerou mais adequada esta técnica do que o uso, por exemplo, de uma entrevista.

Os Itens seguintes têm como Documento de referência o Programa Oficial de Física e Química para o 3º Ciclo do Ensino Básico (Ministério da Educação, Maio 1995)

Item 1 - O que lhe foi proporcionado a nível central/ escola/ grupo /pessoal tendo em vista a **sua** formação para a prática de ensino com o Novo Programa?

Item 2 - Considera a sua formação adequada para a prática de ensino com o Novo Programa? Refira-se a obstáculos a que o Programa seja posto em prática, de um modo particular a aspectos concretos relativos à sua formação e em que sente dificuldades.

Item 3 - Faça um comentário sobre a articulação entre as **finalidades** e as **propostas metodológicas** apresentadas no Novo Programa.

Item 4 - Indique alguns aspectos referentes à "**natureza da ciência**" que estejam presentes no Programa.

Nos itens seguintes apresentam-se algumas transcrições retiradas do texto do Programa que lhe pedimos que comente, apresentando a sua posição face a essas afirmações no âmbito do Programa.

Item 5 - "Os alunos devem aprender a fazer observações cuidadosas" (p.17, p.35). Comente criticamente.

Item 6 - "É indispensável que os alunos aprendam a tirar partido dos dados experimentais" (p.14). Comente criticamente.

Item 7 - "É desejável que cada área temática seja desenvolvida à volta de uma questão central e tendo em conta a existência de contextos reais onde os conhecimentos científicos adquiram relevância" (p.36). Comente criticamente.

Item Final - Se entender fazer algum comentário, sugestão, etc., nomeadamente aspectos que considera lacunas, relativos a questões que se prendem com o Programa, por favor apresente-as.

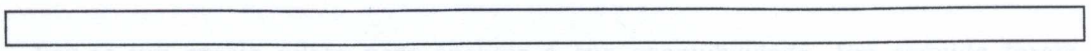


Figura 3.2 - Itens do Questionário passado aos professores.

No quadro da Figura 3.3 apresenta-se uma indicação da dimensão em análise para cada um dos itens do questionário.

Item	Dimensão de Análise
Item 1	Formação para a Prática de Ensino com o Novo Programa
Item 2	Adequação da formação /Identificação de eventuais obstáculos
Item 3	Articulação Finalidades/ Propostas Metodológicas
Item 4	Natureza da Ciência
Item 5	Papel da observação
Item 6	Papel da Experiência
Item 7	Relevância Social da Ciência Contexto e controvérsia
Item Final	Identificação de ausências/críticas

Figura 3.3 - Dimensões de análise dos itens do Questionário

3.4.3. Instrumento de Análise das Práticas de Ensino

3.4.3.1. Concepção do Instrumento de Análise

O Quadro de referência que se apresenta é o instrumento de análise da vertente epistemológica das práticas de ensino dos professores na primeira fase do estudo e igualmente na terceira, ou seja, na aplicação de uma planificação epistemologicamente fundamentada, depois de discutida e reorganizada com e pelos professores.

Embora não se dispense a referência aos existentes, nomeadamente de análise de práticas pedagógicas (Praia 1995) e de análise de manuais escolares (Campos 1996), ambos construídos na base da dicotomia Empirismo/ Racionalismo (não se conhecem publicações com quadros de referência na forma de Instrumentos de Análise da dimensão epistemológica das práticas de ensino) aquele que se construiu segue uma orientação diferente.

As Categorias e os respectivos Indicadores, orientados pelo Quadro teórico da Nova Filosofia da Ciência, foram sendo alterados desde uma concepção inicial até àquela que se apresenta e que fundamentalmente se tornou o instrumento de análise da dimensão epistemológica das práticas de ensino. Dada a sua natureza, o seu percurso de construção e a própria natureza do objecto que pretende analisar, é inacabado, flexível, dimâmico.

O conjunto das Categorias representa aspectos de uma organização funcional que convergem para o entendimento da essencialidade da ciência e do conhecimento científico, tal como foi discutido e fundamentado em capítulos anteriores: Metodologia Científica, Dinâmica da Construção do Conhecimento Científico e Face Humana e Social da Ciência. Tais categorias abrangem as dimensões relevantes, direcções de análise, para um debate da Epistemologia da Ciência enquanto fundamentação para a Didáctica das

Ciências (Capítulo 2): Pluralismo Metodológico, Relação Teoria/ Observação/ Experimentação, Contexto e Estrutura da Descoberta e da Criação Científica, Dinâmica Erro/Verdade, Imagens dos Cientistas e da Comunidade Científica, Relação CTS.

Os Indicadores, não sendo exaustivos nem mutuamente exclusivos, propõem-se caracterizar as Categorias e as Dimensões de análise, fazendo a transposição do epistemológico para o didáctico e assim especificar aspectos da prática de ensino (PE) com a preocupação de se constituírem num Instrumento de análise e, portanto, de utilização acessível e prática. Pretende-se que reflictam, substancialmente, uma PE em consonância com os princípios da NFC (Figura 3.4).

Categorias Epistemológicas	**Dimensões de Análise**	**Indicadores de Prática de Ensino**
I - Metodologia Científica	A - Pluralismo Metodológico	A1 - Referências explícitas a episódios da História da Ciência e/ou aspectos actuais de investigação salientando diferentes formas de trabalho dos cientistas (não existência de um método científico único) e o papel da criatividade; discussão dos percursos de trabalho dos alunos com clarificação de razões da escolha dos procedimentos e sua adequação/ limitações (não receitas).
		A2 - Uso de diferentes métodos traduzidos em actividades diversificadas, se possível complementares, incluindo recolha de materiais, selecção, interpretação e organização da informação, pesquisa bibliográfica, planeamento e execução de experiências de forma diversificada.
	B - Relação Teoria/Observação	B1 - Considerações teóricas antecedendo as observações e realização de experiências. Os alunos são solicitados a explicitarem as suas ideias relativas a questões-problema iniciais, a fazerem previsões e a seleccionarem observações que as possam apoiar, uma vez estabelecidos os critérios de observação com base em modelos e teorias.
	Experimentação	B2 - Criação de situações experimentais em que há tomadas de decisão dos próprios alunos (autonomia) no desenvolvimento dos protocolos experimentais e em que são seguidas normas de segurança explicitadas. Elaboração de relatório de trabalho experimental orientado por questões problema e que inclui avaliação crítica dos resultados da experiência.

II - Dinâmica da Construção do Conhecimento Científico	C - Contexto e estrutura da descoberta	C1 - Contextualização das descobertas e/ou criação de novas teorias, novas interpretações dos fenómenos e novos produtos da Ciência, ressaltando a complexidade do processo de construção do conhecimento científico. Reflexão sobre as mudanças sofridas pela Ciência, e identificação dos múltiplos contributos para o estabelecimento de novo conhecimento, referindo o contexto social, político, económico das mudanças científicas.
		C2 - Actividades explorando controvérsias reveladoras da não linearidade da construção do conhecimento em ciência - recurso a textos, recortes de jornal, dramatizações etc. com situações/episódios da História da Ciência explicitando as dificuldades em estabelecer, para uma descoberta ou criação de teoria científica, quem, quando, onde e como foi incorporada no conhecimento científico.
	D - Dinâmica Erro/ Verdade	D1 - Valorização e exploração intencional do(s) erro(s) dos alunos (identificação de concepções alternativas, discussão de resultados discrepantes ou anómalos de experiências).
		D2 - Actividades intencionalmente desenvolvidas para a compreensão da dinâmica do erro/verdade (com base na análise de acontecimentos da HC...) evidenciando a precariedade das teorias e/ou interpretações e a sua validade temporal.

	E - Imagem dos Cientistas e da Comunidade Científica	E1 - Referências a situações que dêem dos cientistas uma imagem mais humanizada, evitando estereótipos e, em particular, que ultrapassem a visão exclusivamente gloriosa e heróica dos cientistas e/ou a ideia de total isenção e objectividade da comunidade científica (por exemplo pelo recurso à HC). Referência ao papel activo e certificador do saber de uma época por parte da comunidade científica.
		E2 - Promoção de oportunidades para que os alunos exprimam as suas ideias próprias e as confrontem com as dos colegas e/ou com a versão científica através da discussão de resultados (em grupo ou em plenário). Incentivos a que os alunos escrevam, reformulem, usem rigor e linguagem adequada ao propósito de comunicar.
III - Face Humana e Social da Ciência	F - Relação CTS	F1 - Exploração de temas num contexto em que se mostram as influências e interrelações entre a ciência, tecnologia e sociedade (parte-se, por exemplo, de problemas tecnológicos ou sociais para o ensino de teorias...).
		F2 - Debates intencionais, ou em resposta a solicitações dos alunos, sobre questões que podem ser levantadas pela ciência, mostrando as implicações da ciência e tecnologia nas questões éticas, ambientais, patrimoniais, etc., e em que os alunos expressem as suas opiniões fundamentadas.

Figura 3.4 - Instrumento de Análise das Práticas de Ensino.

3.4.3.2. Utilização do Instrumento na Análise dos Protocolos de Aulas

Foi analisado o conteúdo da prática de ensino (PE) tendo como referência o Instrumento de análise construído com base no quadro teórico. De acordo com os princípios apresentados em 3.2.3., o processo inferencial da passagem da descrição à interpretação foi seguido numa interactividade permanente do quadro (instrumento de análise) para o *corpus* de dados. A uma análise prospectiva que permite obter um quadro impressionista segue-se um exame mais aprofundado para sustentar as inferências feitas anotando os indicadores, pela presença ou ausência das características de conteúdo em determinados episódios, nunca propriamente isolados do conjunto. Volta-se sistematicamente aos dados até que as interpretações alcancem significado. Particularidades de orientação referentes ao domínio da estrutura e conteúdo da análise são remetidos para a o início dos Capítulos 4 e 6, em que se apresentam as análises efectuadas.

A Figura 3.5. é um exemplo da análise realizada para evidenciar a articulação entre o instrumento de análise e a PE, evidenciando o modo como o primeiro orienta essa análise numa perspectiva de discussão da dimensão epistemológica da prática realizada (incluindo naturalmente ausências em situações em que um dado aspecto poderia constituir uma forma interessante de abordagem do assunto (ver linha II - C do Quadro da Figura 3.5)).

Faz-se para uma professora para manter alguma unidade, só tendo significado, mesmo assim, em presença da totalidade dos descritivos das aulas a que respeitam, para não perder a sequência e o contexto que dão legitimidade à análise de conteúdo efectuada.

Categoria Indicador	**Ilustração/ Exemplo retirado da PE (Protocolos-Volume II)**	**Comentário/ (análise de conteúdo feita) (Estudos de Caso - Cap. 4)**
I - A -	*"P- Olha... Vamos lá fazer o relatório. Fazer o relatório, vá lá... A - Posso ficar com ela? P- (...) A - O que é que havemos de fazer? Pomos lá tudo? P- Ah! O que é que hão-de fazer? Tudo. Tudo... Guilherme!... então?!... (31:00) O nome do trabalho... Relatório, do trabalho... o nome da cientista, A - Cientista?! P- Fundamento teórico..." (96/01/08)*	Relativamente aos trabalhos, são indicados todos os passos de forma sequencial e definida. Chega mesmo a antecipar os resultados do trabalho e coloca o interesse "no ver". A professora enumera os passos que assim nos surgem como definidos, tradutores de uma forma de entender o trabalho experimental como uma sequência ordenada de passos.
I - B -	*"eu sugeria que ligássemos a lamparina e eu... esquecêssemos da destilação. Eu ia dando matéria, não é? até que, quando a destilação se iniciasse nós interrompíamos nessa altura a aula... e íamos ver o fenómeno (...) esquecemos aquilo e vamos dar início à aula"* (96/01/04)	A experiência é encarada como simultaneamente central e ilustrativa. O TE a ela se resume, entendida como possibilitando observação de dados passivos. Nesta situação da aula, espera-se que evolua e no final constatam-se factos/ fenómenos e fica ilustrada a matéria já abordada, sem que ocorra articulação com os conteúdos científicos tratados.
II - C -	*"Olhando atentamente para aqui (equação química da reacção realizada)... o que é que vocês viram foi que os átomos se recombinaram... originaram substâncias novas mas não deram origem a átomos diferentes. E é assim que acontece: quando se dá uma transformação química apenas os átomos se recombinam de modo diferente, mas não dão origem a átomos novos, se não a gente pegava num calhauzinho, fazia uma transformação química e transformávamos o calhau em ouro, era bestial e..."* (96/02/09)	Consideravelmente notória a correcção e a clareza do conceito actual e aceitável para este nível referente à conservação dos átomos numa reacção química e a sua implicação para o acerto de equações químicas. Contudo a referência aos alquimistas e à transformação do "calhau em ouro" deixa passar a imagem de um fraco domínio de tal questão/aspecto, pela professora, e até de uma imagem deturpada da posição ocupada e do valor da alquimia, no contexto da História da Química. A HC, que neste assunto da conservação da massa nas reacções químicas é rica em episódios que dão conta de inúmeros aspectos do trabalho científico, na vertente humana, social, técnica, etc., evidenciadores de controvérsia e não linearidade da descoberta do conhecimento científico, esteve ausente.

II - D -	"A - *A água assim à temperatura ambiente também evapora.* P- *Já falámos disso, não é? É evaporar. É uma passagem lenta para o estado gasoso... Se for rápida, ou seja... Olhe, oh Nuno... eu concordo consigo, porque, inclusivé, se calhar o copo não estava limpo, portanto... e a sujidade que nós não vimos mas que se calhar lá estava, vai misturar-se com o álcool... Em condições ideais, num sistema altamente protegido, com um condensador muito comprido...*" (96/01/04)	...assistimos a uma situação que podemos considerar de aceitação de erros em resultados experimentais, não podendo, no entanto, inferir que faz uma exploração intencional do valor epistemológico do erro.
III - E -	*"discutir os trabalhos" (...) "os grupos que fizeram a experiência terão que comunicar... por que é... o que é que aconteceu, quais... de modo a que os outros grupos que não fizeram essa experiência percebam" (...) "se comunicarmos uns aos outros o que cada um fez fica-se com muito mais informação"* *"Não é preciso ler, basta descrever"* *(17:00 - 21:00)* *"Outro trabalho foi o daqueles meninos que fizeram a electrólise da água... Alunos... e o porta-voz?... (37:00) Então enquanto um faz o esquema, outro tenta descrever a electrólise da água... (dirige-se à arrecadação) (...) (mostra o voltâmetro)* (96/01/09)	A professora utiliza termos, que são "bons termos", identificados com o trabalho científico, a actividade dos cientistas. Fica a imagem da valorização e do papel central da experiência na expressão, repetida "fazer a experiência". O Relatório mandado fazer durante a aula prática iria ser apresentado pelo porta-voz de cada grupo. É a professora que orienta, dirigindo a apresentação dos Relatórios, ficando a ideia de grande relevo para o esquema a ser desenhado no quadro, para a montagem experimental reposta sobre a secretária, enquanto se enumera o material usado. Central na apresentação do Relatório é a montagem experimental e a descrição do processo, de forma sequencial, que os alunos dirigidos de forma cerrada, pela professora, fazem. Tendo eles realizado tarefas diferenciadas, que podiam comunicar aos colegas, seria importante/imprescindível apresentar a questão inicial condutora do TE e discutir outros aspectos do percurso.

III - F -	*"A - Oh stora?* *P- Diz.* *A- A água da chuva é pura?* *P- Exactamente... a água da chuva em princípio é pura, ou não é? É evaporada para a atmosfera e depois condensa... A água pura, no entanto pode a atmosfera estar poluída e não... certamente... o ar está mais poluído do que... e então quando chove, a água... vai dissolvendo as partículas que encontra na atmosfera e que são... Diz.* *A- Monóxido de carbono.* *P- É monóxido de carbono. (...)* *P- Ah... estava eu a falar de chuvas ácidas que dissolvem as partículas que a atmosfera tem e isso cria um problema a nível mundial por causa... da pedra... No entanto (alunos sobrepõem as vozes)* *A- Estava uma estátua...* *P- Se calhar... Ora bem. Guilherme... Continuando, iremos agora.:. Eu só queria que retivessem principalmente... o que eu queria que retivessem (15:00) é que a porção de oxigénio para hidrogénio, quando fazemos a electrólise..."* (96/01/10)	Ocorre um episódio revelador da sensibilidade da professora pelas questões ambientais, embora não sejam os aspectos centrais à volta dos quais se resolvem/discutem questões problemáticas. Desta vez trata-se, de passagem, da questão da composição da água, pela água da chuva e daí para as chuvas ácidas. Surgem exemplos, algum esclarecimento e um corte abrupto por parte da professora, que afasta o assunto para retomar, cumulativamente, a matéria de estudo. Após a referência às chuvas ácidas e quando um aluno ia falar *"de uma estátua..."* a professora atalha, para retomar o seu fio condutor anterior.

Figura 3.5 - Exemplo de aplicação do instrumento à análise da prática de ensino

3.5. Caracterização do Ponto de Partida - Primeira Fase

3.5.1. Justificação da Análise da Prática de Ensino

De acordo com a primeira hipótese de trabalho, de que as práticas de ensino (PE) dos professores são essencialmente marcadas por uma preocupação pedagógica e são desvalorizadas de fundamentação epistemológica consistente com as perspectivas da Nova Filosofia da Ciência (NFC) (evidenciando posicionamentos mais positivistas e indutivistas, embora não assumidos, relativamente à ciência e ao conhecimento científico), a primeira fase do estudo tem como objectivo geral caracterizar perspectivas epistemológicas subjacentes às PE. Trata-se de um estudo de índole naturalista, em que o investigador intervém o menos possível e não interfere durante a situação.

Para além deste Objectivo Geral a primeira fase tem outro valor no conjunto do projecto de investigação:

- Ajuda a estabelecer um diálogo dinâmico (dialéctico) entre o Instrumento de análise e as próprias práticas de ensino, dando consistência ao que tem e não tem sentido esperar nas PE .

- Ilumina as dificuldades com que os professores se defrontam e confrontam nas suas aulas. Serve como "fundo" para as propostas de formação, permitindo construir propostas de ensino mais fundamentadas. Desse modo, fornece material para que os professores colaboradores, a partir da Fase de formação, consciencializem da importância e necessidade de formação na dimensão epistemológica e permite preparar com mais acuidade a formação individual na segunda fase.

- Permite, por fim, e desse modo vai de encontro à terceira hipótese de trabalho, apreciar a evolução dos professores colaboradores da 1ª para a 3ª Fase, possibilitando o confronto com a evolução das suas práticas de ensino habituais e o progresso consciente das suas imagens sobre ciência.

3.5.2. As Escolas e os Professores

3.5.2.1. Critérios de Selecção dos Professores

Constituíram critérios de selecção dos professores leccionarem 8º ano de escolaridade no ano lectivo de 1995/96, serem voluntários para a participação nesta fase do estudo, em particular permitindo a videogravação das suas aulas, e serem professores profissionalizados com alguma experiência profissional.

Dada a forma naturalista do estudo, nesta primeira fase foi dito aos professores que este se destinava a analisar o ensino-aprendizagem, em particular as ideias e questões dos alunos em relação ao tema em estudo bem como as interacções com o professor, com vista a elaborar propostas de ensino que seriam posteriormente postas em prática numa fase seguinte, mas que tal participação não implicava necessariamente a colaboração nessa.

Os protocolos, após transcrição, seriam dados aos respectivos professores para validação desse material como fonte de indicadores no âmbito da análise a efectuar sobre eles.

3.5.2.2. Caracterização de Escolas e Professores

A amostra incluiu quatro professoras profissionalizadas, com formação académica diversificada e experiência profissional entre os três e os onze anos de serviço, todas elas com "pouca" formação contínua e pertencentes a diferentes escolas. Os quadros das Figuras 3.6 e 3.7 resumem aspectos referentes à caracterização da amostra.

Professora	Formação Académica	Experiência Profissional (anos de serviço)	Formação Contínua
A	Licenciatura Química: ramo científico + ramo educacional	9	Pouca
B	Licenciatura Química: ramo educacional	3	Pouca
C	Licenciatura Física: ramo educacional	11	Pouca
D	Licenciatura ensino da Física e Química	7	Pouca

Figura 3.6. - Caracterização profissional das professoras.

Professora	Escola	Nº aulas gravadas	Período gravação
A	X	11	96/01/04 - 96/04/11
B	Y	15	96/01/10 - 96/02/08
C	Z	7	96/05/10 - 96/05/23
D	W	7	96/05/07 - 96/05/22

Figura 3.7. - Aspectos referentes à videogravação de aulas das professoras.

3.5.2.2.1. Professora A

Contexto geral da escola e caracterização profissional da professora

Trata-se de uma escola situada numa zona relativamente nova e ainda em expansão urbana, habitada pela classe média alta, de uma cidade do litoral. Funciona como Escola

2+3 (2° Ciclo e 3° Ciclo do Ensino Básico). Embora a escola não seja recente (modelo de construção das escolas do Ciclo Preparatório dos anos 70), foi-lhe acrescentado um pavilhão novo, de dois pisos, de construção definitiva, que entrou em funcionamento no ano lectivo de 1995/1996, e destinado exclusivamente ao ensino das Ciências da Natureza e Experimentais (Biologia, Ciências da Terra, Química e Física), com salas/laboratório, gabinetes para os vários grupos disciplinares e arrecadações/salas de preparação anexas às salas de aula.

A área da Química dispõe de instalações apropriadas para o funcionamento de turmas de 8° e 9° ano. A sala é arejada, clara, tem mesas móveis que podem permitir, por exemplo, trabalhos em grupo e bancadas em ardósia negra dispostas lateralmente, três em cada parede longitudinal da sala. À volta de cada bancada podem trabalhar 5 ou 6 alunos em colaboração. Tem água e gás. Sobre as bancadas cabe material de apoio e é possível a realização de trabalhos práticos.

Existe uma arrecadação/sala de preparação que comunica com a sala/laboratório e com o corredor e onde há material que os professores consideram suficiente para os habituais trabalhos experimentais dos 8° e 9° anos. Há o apoio de um funcionário/preparador que tem a seu cargo todo pavilhão das ciências. O grupo de Física e Química (4° Grupo A) é composto por 5 elementos que colaboram na planificação e na preparação e discussão dos materiais.

A professora A está na Escola pela segunda vez, tendo lá feito estágio e embora sendo efectiva noutra escola, encontra-se nesta ao abrigo da lei de preferência conjugal. Iniciou o 8 ° ano pelo estudo da Química, tendo-lhe dedicado aproximadamente 2/3 do ano lectivo.

No quadro da Figura 3.8 apresenta-se um espectro da distribuição das aulas videogravadas com indicação da data, assunto (sumário oficial quando ouvido e elaborado pela investigadora quando não ouvido*) e tempo efectivo da aula.

Data	Tema/Sumário	Duração min:s
96/01/04	Realização de uma destilação. Transformações químicas devido ao calor e à electricidade.	51:46
96/01/08	Aula prática: electrólises da água e do cloreto de cobre. Termólise do óxido de mercúrio	47:08
96/01/09	Discussão dos trabalhos práticos realizados na aula anterior	47:34
96/01/10	Conclusão da aula anterior	42:49
96/01/11	Transformações químicas por acção da luz	42:32
	Aula prática: Não videogravada	
96/01/16	Transformações químicas por acção mecânica e por contacto*	47:08
96/01/18	Conclusão do tema em estudo (transformações químicas por adição de duas substâncias). Estudo das reacções de combustão.	41:40
	Conjunto de aulas não videogravada. Ficha de avaliação/ Correcção da Ficha de avaliação/ Aula prática	
96/01/29	Apresentação dos trabalhos desenvolvidos na aula prática *	35:00
	Conjunto de aulas não videogravadas: Constituição da matéria e teoria cinético corpuscular	
96/04/09	Estudo da lei da conservação da massa	37:50
96/04/10	Transformações químicas. Lei de Lavoisier. Equações químicas	16:35
96/04/11	Acerto de equações químicas: Exercícios.	44:00

Figura 3.8 - Professora A: Datas, sumários e durações de aula

3.5.2.2.2. Professora B

Contexto geral da escola e caracterização profissional da professora

Trata-se de uma Escola Secundária de média dimensão, antigo Liceu Nacional. Situa-se numa zona limítrofe de uma cidade do interior, frequentada pela classe média.

O edifício não é recente mas não está muito degradado. Tem espaços envolventes amplos e arborizados.

A área da Química, como a da Física, tem instalações próprias, antigos laboratórios com bancadas fixas no meio, pouco adequadas a salas de aula de 8º e 9º

anos, que requerem espaços com mais versatilidade. Nem sempre as aulas são nesse laboratório. Uma das salas usadas é contígua ao laboratório e de fácil acesso ao material experimental. Algumas vezes as aulas funcionam noutro piso do edifício.

Existe um funcionário que apoia a preparação de material experimental.

O grupo de Física e Química é composto por 9 professores que trabalham de forma praticamente independente.

A professora B tem Licenciatura em Química - Ramo Educacional e três anos de experiência profissional.

No seu Curso não tem frequência de nenhuma disciplina no âmbito da História e Epistemologia das Ciências. Posteriormente frequentou uma acção de formação (FOCO) sobre Trabalho Experimental. É professora do Quadro de Nomeação Definitiva (efectiva).

Iniciou o 8° ano pelo estudo da Química, tendo-lhe dedicado mais de metade no ano lectivo. Disponibilizou-se para a videogravação da sua prática de ensino tendo sido a responsável técnica das gravações.

O quadro da Figura 3.9 apresenta a data, sumário (*- elaborado pela investigadora) e duração das aulas videogravadas.

Data	Sumário/Tema	Duração min:s
96/01/10	Aula prática: A electrólise do cloreto de cobre II como demonstrativo da existência de iões.	36:08
96/01/11	Discussão do Relatório do trabalho realizado na aula anterior. Resolução de exercícios.	45:06
96/01/16	Conclusão do sumário da aula anterior	43:58
96/01/17	Lei da Conservação da massa	41:29
96/01/18	Conclusão do Sumário da aula anterior. O acerto de equações químicas	44:26
96/01/23	Resolução de exercícios de aplicação da lei de Lavoisier	41:55
96/01/24	Resolução de exercícios sobre acerto de equações químicas *	43:43
96/01/25	Entrega dos Relatórios. Continuação do sumário da aula anterior	42:52
96/01/26	Conclusão do sumário da aula anterior	44:55
96/01/30	Revisões para o teste	41:42
96/01/31	Ficha de Avaliação - não videogravada	
96/02/01	Teoria das Colisões. As reacções químicas e a energia	42:06
96/02/02	Conclusão do sumário da aula anterior	41:14
96/02/06	Conclusão da aula anterior	39:40
96/02/07	Realização de duas experiências sobre reacções químicas e a energia	43:10
96/02/08	Explicação dos factores que influenciam a velocidade das reacções químicas.	43:29

Figura 3.9. - Professora B: Datas, sumários e durações de aula.

3.5.2.2.3. Professora C

Contexto geral da escola e caracterização profissional da professora

A escola desta professora é um edifício com cerca de cinquenta anos, situado na zona central de uma cidade do interior, com um número elevado de alunos.

Existem laboratórios independentes para as áreas da Física e da Química muito bem apetrechados de material. Destinam-se principalmente a aulas de técnicas

laboratoriais. Cada um dos laboratórios tem um auxiliar de acção educativa que desempenha funções de preparador. Além dos laboratórios, com as suas dependências anexas, incluindo gabinete de professores do grupo, existem duas salas de aula normal, em corredor próximo dos laboratórios, com armários de material habitualmente usado para o 8º e 9º ano. Têm mesas que se podem reordenar permitindo trabalho de grupo. Nestas salas foram leccionadas as aulas videogravadas.

O grupo de Física e Química (4º Grupo A) é composto por 12 elementos efectivos na escola e eventualmente, em cada ano lectivo, por alguns professores provisórios.

A professora C tem 11 anos de serviço e é efectiva há já alguns anos na Escola.

É licenciada em Física-Ramo educacional por uma Universidade clássica. No curso tem disciplinas de Didáctica da Física e da Química.

Frequentou uma acção de formação (FOCO) no âmbito da Didáctica e uma sobre Trabalho Experimental na Física e na Química.

Iniciou o 8º ano pelo estudo da Física tendo-lhe dedicado cerca de 2/3 do ano lectivo. Relativamente à segunda unidade foram videogravadas 8 aulas, sobre as quais recaiu a análise apresentada.

No quadro da Figura 3.10 apresenta-se o espectro da distribuição das aulas, com indicação da data, assunto e tempo efectivo videogravado da aula.

Data	Tema/Sumário	Duração min:s
96/05/10	Teoria cinético-corpuscular.	44:04
96/05/14	Conceito de átomo - sua constituição. Símbolos químicos de alguns elementos.	40:30
96/05/15	Conceito de molécula. Fórmulas químicas - Significado qualitativo e quantitativo.	44:45
96/05/16	Conclusão do sumário da aula anterior: substâncias elementares e substâncias compostas.	44:06
96/05/17	Conceito de ião. Escrita e acerto de fórmulas iónicas.	44:05
96/05/22	Resolução de uma ficha de exercícios.	42:50
96/05/23	Aplicações da matéria dada.	44:24

Figura 3.10 - Professora C: Datas, sumários e durações de aula.

3.5.2.2.4. Professora D

Contexto geral da escola e caracterização profissional da professora

A escola, numa cidade do interior, é um edifício de antigo Liceu Nacional, em bom estado de conservação, com amplos espaços, interiores e exteriores. Os laboratórios destinam-se a aulas de Técnicas Laboratoriais embora haja material noutras salas para uso no âmbito da disciplina de Ciências Físico-Químicas. Existe um auxiliar de acção educativa com funções de preparador. O grupo disciplinar é numeroso e planifica em conjunto.

A professora tem 7 anos de serviço e é efectiva há alguns anos na Escola.

É licenciada em Ensino da Física e Química. No curso tem disciplinas de Didáctica da Física e da Química e uma disciplina no âmbito da História da Ciência.

Frequentou uma acção de formação (FOCO) no âmbito do Trabalho Experimental na Física e na Química.

Iniciou o 8º ano pelo estudo da Física e dedicou-lhe cerca de 2/3 do ano lectivo. No final do ano, com a comemoração dos cinquenta anos da Escola a parte dedicada à área da Química ainda sofreu nova redução. Relativamente à segunda unidade foram videogravadas 7 aulas que foram analisadas e cuja distribuição se caracteriza no quadro da Figura 3.11.

Data	Sumário/Tema	Duração min:s
96/05/07	Natureza corpuscular da matéria	38:54
96/05/08	Variação do volume de um gás com a pressão sobre ele exercida. Resolução de exercícios	37:10
96/05/13	Noção de molécula. Fórmula química molecular. Substância elementar e composta. Resolução de exercícios	44:15
96/05/16	Revisão de aspectos já tratados em aulas anteriores. Início do estudo dos iões. Experiência da migração dos iões de permanganato de potássio *.	39:10
96/05/20	Treino de escrita de fórmulas químicas de substâncias iónicas *	36:07
96/05/21	Ficha de exercícios para o treino de escrita de fórmulas de compostos iónicos *	34:25
96/05/22	Início do estudo das reacções químicas. Realização de experiências. *	43:21

Figura 3.11. - Professora D: Datas, sumários e durações de aula.

3.5.3. Aspectos Técnicos - Observação e Videogravação de Aulas

De acordo com Estrela (1984, 50) a metodologia de observação seguida (videogravação) integra-se na definição de "observação naturalista" que "visa explicar o porquê e o para quê, através do como" e caracteriza-se por aspectos com os quais se identifica o nosso Estudo.

Foi pedido a cada uma das professoras que permitisse a videogravação da segunda unidade de Química do Programa de 8º ano de escolaridade, principalmente o ponto referente a "conservação da massa nas reacções químicas". De acordo com as hipóteses do estudo, que as professoras não conheciam, não existiriam quaisquer orientações ou indicações relativamente às aulas videogravadas, tratando-se, como foi justificado, de uma observação naturalista.

Tendo sido gravadas em lugares geograficamente afastados, coincidentes no tempo (professoras A e B; professoras C e D), tornava-se impossível para a investigadora ocupar-se do equipamento e de outros aspectos técnicos da recolha das imagens. Além disso cada professora videogravou as aulas todas da semana (4 horas) e nalguns casos em duas turmas, o que significou um empenhamento extraordinário. Nesta fase as professoras preferiram, unanimemente, não ter, nunca, a investigadora presente. Deste modo, a gestão do material ficou-lhes entregue. Tratou-se, para todas, da primeira experiência de videogravação das suas próprias aulas. A colaboração das professoras nesta primeira fase do projecto é, essencialmente, uma atitude positiva de disponibilidade e de interesse pela novidade. Contudo requer algum trabalho adicional acrescentado ao já muito que têm que desenvolver na escola, mudando de turma de hora a hora, com intervalos curtos, a toques de campainha. Decidiu-se, ponderando a situação, abandonar a ideia inicial de analisar as aulas de duas turmas diferentes por cada professora e debruçarmo-nos apenas sobre as aulas correspondentes a uma turma de cada uma das participantes, considerando que, o conjunto das aulas analisadas para cada uma,

permitiria um útil conhecimento da PE e traçar um "perfil epistemológico" da sua actuação na sala de aula.

As sequências observadas incidiram sobre a segunda unidade do Programa de Química do 8º ano de escolaridade, "substâncias químicas: o que são e o que se faz com elas", embora com pequenas diferenças entre as participantes, resultantes de aspectos diversos. Foi pedido explicitamente às professoras que permitissem a videogravação da segunda unidade do programa, respeitante ao tema Reacções Químicas (aspectos relacionados com a teoria cinético-corpuscular, conservação da massa, reacções de combustão...) permitindo analisar a forma como tratava o assunto e as ideias que os alunos manifestavam durante a exploração desses assuntos, a fim de poder vir a propor-se alternativas para a sua abordagem (numa 2ª fase). Pareceu-nos que, seleccionando uma certa especificidade do conteúdo, poderíamos aceder com mais facilidade ao "perfil epistemológico" de cada professora e aumentar a fidelidade das inferências feitas. Mas em particular reforça-se o interesse da problemática do estudo tendo em vista a epistemologia da Química e o conhecimento científico dos professores. Tal selecção recaiu sobre o conteúdo que desde o início se afigurou como importante para constituir o assunto do projecto apresentado.

3.5.4. Obtenção e Organização dos Dados

As gravações foram realizadas pelas próprias professoras, como foi seu desejo, o que facilitou bastante as tarefas da investigadora. Embora tendo sido dadas indicações semelhantes sobre o objecto da gravação, o material recolhido não é completamente coincidente no assunto, embora o seja na unidade temática do Programa do 8º ano de escolaridade. Sobrepõe-se o assunto para as professoras A e B que iniciaram o desenvolvimento do Programa pela Química. Para as professoras C e D, tendo iniciado

pela Física, não chegaram ao assunto "conservação da massa nas reacções químicas" por falta de tempo.

Os conteúdos das videogravações, recolhidos pelas respectivas professoras, estavam em sistemas de vídeo diversificados. Foram copiados para sistema VHS e introduzido contador de tempo para facilitar a elaboração dos protocolos (Volume II) e a posterior análise. Foram videogravadas 41 aulas efectivas das professoras participantes, correspondendo a um tempo de transcrição (gasto de forma intermitente) aproximadamente cinco vezes maior do que o tempo efectivo da gravação.

3.5.5. Metodologia de Análise das Aulas Videogravadas

Pretende-se evidenciar os sentidos que poderão estar subjacentes às práticas de ensino das professoras, procurando compreender e interpretar o significado epistemológico de situações pedagógico-didácticas.

Como metodologia de análise das aulas optou-se por um processo que consideramos descritivo e interpretativo, realizado de forma sequencial, num percurso pela totalidade da prática observada, fazendo ressaltar, sem os isolar do conjunto, os episódios com possibilidade de uma "leitura" epistemológica. De passagem, e por que tal converge para a compreensão da dimensão epistemológica, referem-se aspectos pedagógicos e científicos que ajudam a completar e articular o quadro que se pretende de predomínio epistemológico. Dada a diversidade e abundância de aspectos que poderiam ser considerados, e possivelmente têm leituras múltiplas, a análise representa uma selecção dos aspectos que parecem mais significativos para o perfil epistemológico, tendo consciência de que nunca é possível ser exaustivo e singular em cada episódio. A riqueza das situações introduz muitos aspectos que permitem leituras por vezes muito

enredadas e que ao decifrá-las podem conduzir a um desmantelamento do episódio em porções que somadas já não o voltam a reconstituir.

A análise procede-se de forma sequencial, aula a aula, embora destacando episódios que se tornam significativos por permitirem inferências qualificáveis no âmbito do quadro de análise pré-estabelecido. Tais episódios, por vezes, não são temporalmente independentes e daí não se terem analisado de forma isolada. Também a sua duração é muito variável podendo a aula completa constituir um único episódio, eventualmente intercalado de outros pequenos e distintos episódios. Muitos aspectos de natureza essencialmente pedagógica (como seja a ordem e disciplina na sala de aula; a deslocação do professor no espaço da sala de aula, o tratamento dos alunos...) são por vezes incluídos para ajudar na compreensão e leitura do domínio pretendido, delineando um contexto sem o qual o significado epistemológico se perderia.

A análise apresentada não dispensa ser acompanhada da consulta dos protocolos correspondentes às aulas videogravadas (Volume II) para aceder aos descritivos e diálogos contextualizados.

Em seguida procede-se a uma articulação da análise feita com as dimensões do Quadro de Análise, categoria a categoria, notando a presença ou ausência dos Indicadores estabelecidos para a caracterização da Categoria, e isolando agora dos aspectos pedagógicos e científicos. Tal é feito na tentativa de obter um perfil epistemológico da prática de ensino da professora. Por fim, em jeito de síntese, confrontam-se e evidenciam-se para cada categoria de análise, aspectos de afastamento e aproximação entre os quatro casos analisados.

3.6. Planeamento da Mudança - Segunda Fase

3.6.1. Preparação da Planificação da Proposta de Ensino Epistemologicamente Fundamentada

De acordo com a perspectiva metodológica em que nos colocámos, a primeira fase implicou-nos na necessidade de procurar alternativas com vista a uma intervenção nas práticas de ensino que, como então se apontava, precisava de uma autêntica colaboração entre investigadora e professoras, transformando-se estas, desejavelmente em investigadoras-colaboradoras que adquirem consciência e autonomia das suas acções.

Neste quadro, o papel da investigadora, ao tomar a iniciativa na preparação de materiais didácticos concretos no âmbito de uma proposta de planificação, não transforma as professoras em meras aplicadoras de técnicas externamente elaboradas, uma vez que, participando de forma activa num processo sustentado por uma formação de razoável duração (superior a 30 horas, excluindo o tempo das aulas e das entrevistas finais), envolvendo análise, discussão, reflexão, preparação, antecipação e também alterações das propostas da investigadora, tal veio dar a dimensão de Investigação-Acção defendida e apresentada.

Deste modo, construiu-se um documento (Capítulo 5), com vista à formação de professores, incidente na História da Ciência com uma análise epistemológica do assunto seleccionado. Foi construído um modelo de planificação didáctica para servir de ponto de apoio para a discussão da proposta de planificação apresentada. Seguiu-se a organização da proposta de planificação incluindo materiais e documentos que poderiam ser utilizados na prática de ensino e que foi alvo de discussão durante a formação das colaboradoras. O conjunto de todos esses documentos e a proposta de planificação da prática de ensino que os integra, constituem um Capítulo independente, não só pela extensão mas pela importância que assumem no desenvolvimento deste Estudo.

3.6.2. O Processo de Formação das Professoras - Articulação da Primeira com a Terceira Fase

A convicção de que há necessidade de consciencializar os professores sobre a importância de alterar as suas práticas de ensino habituais para modelos epistemologicamente fundamentados na NFC e de planificar em consonância com essas exigências, conduziu o projecto por uma metodologia de investigação-acção colaborativa em que o processo de formação e de prática se entreajudam. A ideia de que a reflexão e participação activa dos professores nesse processo conduz à alteração das suas práticas de ensino justifica a importância da formação dos professoras-colaboradoras nesta segunda fase do estudo.

O quadro da Figura 3.12 resume essas sessões de formação, desde um Seminário que teve a participação de 11 elementos incluindo alguns dos colaboradores da primeira fase do estudo e os que seguiriam para a segunda fase.

Sessão	Data	Local	Duração	Objectivos / Desenvolvimento
Seminário de Formação	23 Abril 1997	Universidade de Aveiro	8 horas	. Partilhar experiências de ensino habitualmente realizadas. . Debater estratégias para novas orientações didácticas . Valorizar práticas de ensino fundamentadas. Apresentar e debater a importância da HC e TE como dimensões relevantes para práticas inovadoras no ensino das C (participação: Doutor João Praia) Explorar criticamente uma proposta de ensino para o tema "reacções químicas - conservação da massa" para o 8º ano de escolaridade (M.F. Paixão) . Seleccionar os colaboradores para a 2ª Fase do Projecto (critérios: voluntários; interessados na formação e entusiastas; terem 8º ano de escolaridade básica no ano lectivo de 1997/98; permitirem a videogravação das suas aulas). Foi feita avaliação do Seminário pelos participantes.
1ª Formação Individual	Out/Nov 1997	Escola Secundária da professora colaboradora	3/4 horas	. Informar do trabalho a desenvolver e seus objectivos. . Consciencializar da necessidade de o professor se envolver e participar na sua própria formação com vista a melhorar as suas práticas de ensino e a consequente construção de imagens sobre ciência dos alunos (perspectiva de Investigação-Acção). . Discutir a importância de uma prática de ensino epistemologicamente fundamentada, em que o recurso à HC, ao TE na perspectiva de trabalho científico são elementos fundamentais. . Analisar a planificação anual e assinalar as datas previsíveis para a leccionação do assunto escolhido. . Distribuir documentos sobre aspectos de "epistemologia da ciência" para leitura em casa e posterior discussão. . Distribuir documento organizado pela investigadora "Perspectiva histórico-científica da interpretação do tema conservação da massa nas reacções químicas", perspectiva epistemologicamente organizada, para leitura em casa.

2ª Formação Individual	Nov 1997	Escola Secundária da professora colaboradora /Escola Superior de Educação de Castelo Branco	3/4 horas	. Analisar e discutir os documentos entregues na sessão anterior. . Discutir os conceitos envolvidos na planificação e as habituais e já identificadas CA dos alunos. . Analisar o Programa e a forma de nele inserir a sequência prevista. . Discutir sobre a pertinência/valor didáctico do assunto. . Distribuir a proposta de planificação da investigadora para reflexão em casa.
3ª Formação Individual	Nov 1997	//	3/4 horas	. Discutir a proposta e introduzir alterações . Prever materiais necessários para a consecussão da planificação prevista.
4ª Formação Individual	Nov/Dez 1997	//	3/4 horas	. Preparar e ensaiar o material. . Identificar/ analisar aspectos que podem constituir problemas no decurso das aulas previstas. . Certificar-se de que a professora se sente preparada para o ensino do assunto previsto na perspectiva desejada.
5ª Formação Individual	Dez/Jan 1997/8	//	3/4 horas	**Durante o ensino da sequência**: . Visionar aulas já decorridas e fazer uma análise/reflexão com base nas finalidades iniciais. . Proceder a eventuais reajustes na planificação e /ou materiais didácticos . Preparação de um Questionário para passar aos alunos no final da sequência de ensino
6ª Formação Individual	Fev/Març 1998 (depois de terminada a sequência e feita a análise dos registos)	Escola Secundária da professora colaboradora	3/4 horas	**No final do ensino da sequência**: Análise e avaliação do percurso (entrevista semi-estruturada): . Importância e interesse das sessões de formação. . Análise da sequência de ensino: Interesse e/ou dificuldades na implementação. . Confronto da professora com as respostas dos alunos ao questionário. Balanço global. (Confrontar a análise da professora com os resultados da investigadora e com as opiniões dos alunos - triangulação)
TOTAL: 7 sessões	Abril 97/ Março 98		32 horas	

Figura 3.12 - Guião das Sessões de Formação com as professoras colaboradoras (2ª fase do estudo)

3.6.3. O Seminário de Formação: Desenvolvimento e Avaliação

O Seminário com o título "História da Ciência e Trabalho Experimental: Dimensões Relevantes para Práticas Inovadoras" foi organizado pela investigadora com a colaboração de uma comissão organizadora e teve lugar no Departamento de Didáctica e Tecnologia da Universidade de Aveiro (desdobrável - anexo) com a finalidade de proporcionar a todos os participantes na primeira fase do estudo uma formação sobre aspectos actuais no domínio da Didáctica das Ciências numa perspectiva inovadora e no âmbito da temática em que colaboraram, seleccionar os colaboradores para a segunda fase do estudo e iniciar a sua formação.

Foram definidos os seguintes Objectivos específicos para o Seminário:

. Partilhar experiências de ensino habitualmente realizadas.

. Debater estratégias para novas orientações didácticas.

. Valorizar práticas de ensino fundamentadas.

Consistiu de duas partes interligadas: A primeira orientada por um especialista em Epistemologia da Ciência onde se apresentou e debateu a importância da História da Ciência e do Trabalho Experimental como dimensões relevantes para práticas inovadoras no ensino das Ciências (participação: Doutor João Praia); a segunda, orientada pela investigadora, de natureza mais prática mas em ligação estreita com a primeira parte, explorando criticamente uma proposta de ensino para o tema "conservação da massa nas reacções químicas" para o 8° ano de escolaridade em que se fazia a análise crítica de uma proposta de ensino habitual para o tema e se faziam algumas propostas inovadoras na base das perspectivas epistemológicas apoiadas na sessão da manhã.

Estenderam-se alguns convites a outros professores de modo a garantir um número de participantes que facilitasse uma metodologia mais participativa. Participaram 11 professores de Física e Química profissionalizados.

Foi feita a avaliação do Seminário pelos participantes. Numa escala de Fraco (1), Suficiente (2), Bom (3) e Muito Bom (4) a avaliação do Seminário resume-se no Quadro seguinte (Figura 3.13) na forma da frequência de atribuição de cada nível a cada um dos aspectos em avaliação.

Aspectos em Avaliação	**1**	**2**	**3**	**4**
Actualidade e interesse geral do tema	-	-	6	5
Contribuição para a melhoria da qualidade do ensino	-	-	1	10
Consecução dos Objectivos Gerais propostos para o Seminário	-	-	2	9
Desenvolvimento das actividades	-	-	4	7
Avaliação Global	-	-	1	10

Figura 3.13 - Avaliação do Seminário de formação.

Além da avaliação dos aspectos traduzidos na escala era deixado espaço para "sugestões", tendo-se registado algumas que dado o pequeno número, transcrevemos: "*encontros mais frequentes*", "*Estes Seminários deverão realizar-se com mais frequência, inclusivé deveriam realizar-se nas escolas num grupo de professores mais alargado e maior diversidade de temas que seriam propostos às escolas, de acordo com a sua especificidade*", "*continuidade dos Seminários com diversidade de temas. Abordagem prática de alguns temas.*", "*Repetir iniciativas como esta e estendê-la a mais professores*", "*Outras reuniões para troca de ideias*", "*Abordagem da eficácia do trabalho experimental nos resultados obtidos em termos de aprendizagem dos alunos*". Tais contribuições parecem traduzir a importância que os professores atribuem à formação em áreas inovadoras que vão ao encontro de aspectos e temas que desenvolvem na sua PE e que atribuem aos investigadores em Didáctica das Ciências a responsabilidade de a proporcionarem.

3.6.4. A Formação Individual

3.6.4.1. Selecção e Caracterização das Colaboradoras

De acordo com as intenções da realização do Seminário foi lançado um desafio aos participantes no Seminário de Formação no sentido de virem a colaborar nas fases seguintes do Projecto. A participação deveria ser para voluntários, interessados na formação, entusiastas, terem 8° ano de escolaridade básica no ano lectivo de 1997/98 e permitirem a videogravação das suas aulas. Duas das participantes interessaram-se e disponibilizaram-se. Com essas seguiu-se para uma formação individualizada num esquema de investigação-acção, com início no ano lectivo seguinte.

3.6.4.2. As Sessões de Formação

Após a participação no seminário inicial (23 de Abril de 1997) seguiram-se sessões de formação individuais que se desenvolveram ao longo de mais de três meses com cada uma das professoras-colaboradoras, Professora A e professora C. No quadro da Figura 3.12 indicam-se as datas das sessões de formação com as duas professoras, indistintamente, embora com a professora A tenham começado em Outubro de 1997 e com a professora C em Novembro por diferentes ritmos de progressão no Programa. Ambas iniciaram o ano lectivo de 1997/98 pela Química.

As sessões, de acordo com os objectivos estabelecidos, ajustavam-se às necessidades de formação de cada uma das colaboradoras. Foram respeitadas as particularidades de cada colaboradora e as suas decisões próprias, em função das suas escolas e das suas turmas.

Em relação às sessões de formação individual a professora e a investigadora trabalhavam em ambiente de partilha de saberes e práticas, como defendido nos princípios da investigação-acção colaborativa.

3.7. Inovação - Terceira Fase

3.7.1. Caracterização das Turmas

As professoras colaboradoras da Terceira Fase estão já caracterizadas, do ponto de vista profissional, em ponto anterior, relativamente à Primeira Fase. São agora designadas por professora A2 e professora C2, respectivamente, por corresponder a um segundo momento de colaboração no presente Estudo.

A professora-colaboradora A (A2) mudou de escola. O seu estatuto mantém-se, tratando-se de uma professora profissionalizada, efectiva noutra escola, colocada ao abrigo da preferência conjugal. A escola é em tudo semelhante à anterior e numa zona próxima e de características semelhantes. A professora-colaboradora C (C2) manteve-se na mesma escola onde é professora do Quadro de Nomeação Definitiva (efectiva). Têm, nesta fase do estudo, formação didáctica acrescida, em que a componente em epistemologia e em história da ciência foi reforçada .

Apresenta-se, ainda, à semelhança do que foi feito relativamente à Primeira Fase, um espectro da distribuição das aulas videogravadas, com indicação da data, assunto/sumário e duração da aula, nos quadros da Figura 3.14 e da Figura 3.15.

Data	Tema/Sumário	Duração min:s
98/01/28	A contextualização do assunto. Apresentação da questão-problema: "haverá ou não conservação da massa nas transformações químicas?. As reacções de combustão. Apresentação do texto: Uma teoria para explicar as reacções de combustão.	34:40
98/02/02	Apresentação das conclusões dos alunos após a leitura e discussão do texto em grupo. A teoria do flogisto. Demonstração experimental: a combustão do algodão, do ferro e do álcool.	40:02
98/02/04	Confronto dos resultados experimentais obtidos na aula anterior com a teoria do flogisto. Leitura dos textos "a caminho de uma nova teoria para interpretar as reacções de combustão". Trabalho experimental em grupo: "a composição do ar".	39:57
98/02/05	Discussão do trabalho experimental realizado na aula anterior. Leitura do texto: "Uma nova teoria para a interpretação das reacções de combustão".	36:20
98/02/06	Texto: Lavoisier realiza a síntese da água. A lei da conservação nas reacções químicas". Trabalho experimental: "a conservação da massa em reacções químicas diversificadas"	29:34
98/02/09	O ponto da situação: Apresentação dos trabalhos experimentais pelos alunos. A lei da conservação da massa e o acerto de equações de reacções químicas	34:35

Figura 3.14 - Professora A2: Datas, sumários e durações de aula.

Data	Tema/Sumário	Duração min:s
97/11/25	Introdução às reacções de combustão. Leitura e discussão do texto 1.	26:05
97/11/27	A teoria do flogisto: Discussão e organização do esquema conceptual da teoria.	32:43
97/11/28	Demonstração experimental das combustões do ferro, do algodão e do álcool.	29:27
97/12/02	Notas históricas. Discussão do texto: "A caminho de uma teoria para interpretar as reacções de combustão. Realização de actividade experimental: "sobre a composição do ar"	42:00
97/12/04	Conclusão dos vários textos. Conservação de átomos e da massa nas reacções químicas.	43:47
97/12/05	A lei da conservação da massa em reacções químicas diversas. Realização de trabalho experimental.	25:20
98/01/06	Lei de Lavoisier: uma consequência da lei da conservação dos átomos.	42:32
98/01/08	Acerto de equações químicas (continuação)	39:50
98/01/09	Síntese do tema tratado: apresentação e discussão de trabalhos realizados pelos alunos. O texto: "Percurso da alteração de uma teoria científica"	30:25

Figura 3.15 - Professora C2: Datas, sumários e durações de aula.

O quadro da Figura 3.16 apresenta uma caracterização sumária das turmas das duas professoras colaboradoras, tendo sido o nível sócio-económico e o nível de aproveitamento esclarecido pelas respectivas professoras.

Turma (professora)	Nível sócio económico	Nível aproveitamento	Número alunos	Número de aulas do tema (gravadas)
A2	médio	médio alto	25	6
C2	médio	médio baixo	28	9

Figura 3.16 - Caracterização das turmas das professoras colaboradoras

3.7.2. Aspectos Técnicos - Videogravação

À semelhança da primeira fase do Estudo também as aulas foram videogravadas sob a responsabilidade de cada uma das professoras, como foi seu desejo. Embora as duas tivessem iniciado o desenvolvimento do Programa pela Química, por motivos que se prenderam com questões privadas a leccionação do assunto ocorreu desfasado de praticamente dois meses.

O conteúdo das videogravações foi passado do sistema inicial (VHS-c e 8mm) para VHS e introduzido contador de tempo imprescindível para transcrições e elaboração de protocolos (Volume II). Foram recolhidos documentos produzidos pelas professoras e pelos alunos

Tais protocolos foram submetidos à validação dos próprios professores que emitiram opinião de que tais descritivos coincidiam com as situações ocorridas nas suas aulas.

3.7.3. Análise da Prática de Ensino

A análise efectuada sobre os protocolos escritos seguiu uma metodologia análoga à da primeira fase (ver 3.5.5).

Existiram contactos frequentes para troca de opiniões e discussão de aspectos pontuais de estratégia e de material durante a prática de ensino.

No final os resultados da análise efectuada pela investigadora foram sujeitos à opinião de quem desenvolveu a prática de ensino, com a intenção de aumentar a validade das inferências efectuadas na análise e ainda numa lógica de formação na perspectiva de IA seguida.

3.8. Avaliação dos Resultados da Implementação da Planificação: A Opinião dos Professores e dos Alunos

As análises efectuadas pela investigadora foram complementadas com aspectos da análise de entrevistas com as professoras colaboradoras e ainda com opiniões de alunos para possibilitar uma triangulação de aspectos em análise.

3.8.1. Entrevista aos Professores

A entrevista individual feita às duas professoras colaboradoras no final da prática de ensino da Fase 3, é do tipo semi-estruturada conduzida com os seguintes objectivos específicos, que conduziram a outras tantas dimensões de análise:

- auto-avaliação do significado profissional do percurso de formação conduzido
- auto-avaliação do impacte da investigação nas práticas de ensino

- validar, pelos próprios intervenientes, a análise efectuada pela investigadora sobre os protocolos da prática pedagógica.

Construiu-se um guião semi-estruturado da entrevista que serviu de orientação às questões que foram colocadas no encontro entre a investigadora e cada uma das professoras.

Dimensões	Questões de Orientação
A Auto-avaliação do significado profissional do percurso de formação	1 - Que significado teve para si a participação neste Projecto de investigação? (aspectos positivos e negativos) 2 - Em que aspectos terá impacte na sua vida profissional? 3 - Em que aspectos reconhece o papel do percurso de formação efectuado? 4 - De que modo o acesso à análise feita sobre a sua prática tem ainda uma lógica de formação? 5 - Os professores em geral não são muito receptivos à participação em projectos desta natureza. Porque será? 6 - Em anos futuros, com o 8º ano de escolaridade, alguma coisa vai mudar em relação às suas aulas em geral? Porquê?
B Auto-avaliação do impacte do Projecto nas práticas de ensino	1 - Vantagens e desvantagens desta proposta de planificação no que diz respeito à Prática de Ensino? 2 - Que dificuldades teve na sua implementação? Porquê? 3 - Que aspectos podem ser modificados? 4 - Como avalia do ponto de vista da aprendizagem dos alunos? Conceitos/ Modificação das imagens sobre a Ciência? 5- Compare com a sua forma habitual de tratar este assunto
C validação da análise efectuada pela investigadora sobre os protocolos da prática de ensino	1 - Qual a sua opinião sobre a análise das suas aulas que foi feita pela investigadora? 2 - Que dúvidas se lhe levantaram após ter lido a análise efectuada? 3 - Considera que a investigadora terá interpretado a sua prática em consonância coma sua intenção? Concretize.

Figura 3.17 - Guião das Entrevistas às duas professoras-colaboradoras (Fase 3).

3.8.2. Entrevista aos Alunos

O estudo foi desenvolvido no pressuposto essencial de que melhorando o ensino, fundamentado numa perspectiva epistemológica actualizada de revalorização do Trabalho Experimental, da História da Ciência e da consideração de uma perspectiva CTS, melhoraria a compreensão dos alunos acerca do conteúdo científico e as suas imagens sobre ciência, e que, simultaneamente, lhes deveria ser agradável a própria participação nas aulas.

Mas, uma vez que a planificação foi concebida para ser dirigida aos alunos com vista a melhorar as suas aprendizagens no que respeita a conceitos e imagens de ciência, tem sentido fazer-se com os alunos uma avaliação da aprendizagem dos conceitos e da sua apropriação de imagens mais consistentes sobre ciência e sua construção, bem como conhecermos a apreciação destes relativamente ao interesse das aulas desenvolvidas na perspectiva que apresentámos.

Interessava naturalmente ter uma ideia da própria compreensão do assunto, pelo conjunto de alunos das turmas e, ouvi-los, seria igualmente uma vertente importante e indispensável do nosso trabalho.

Assim, e para além das situações de avaliação organizadas por cada uma das professoras no âmbito do processo regular de ensino, de que também colhemos informação aquando da análise dos protocolos e através de notas pessoais, organizámos uma entrevista semi-estruturada (quadro da Figura 3.18.) com os seguintes objectivos específicos:

- Avaliar a aprendizagem dos conceitos e compreensão do percurso pelos alunos.

- Conhecer a opinião dos alunos acerca do desenvolvimento e interesse do assunto

O guião da entrevista é constituído por uma pequena ficha com duas situações para interpretar: combustão de papel em sistema fechado e "enferrujamento" do ferro no ar, seguida de algumas questões sobre o interesse das actividades desenvolvidas.

Reunimos, algum tempo após o *terminus* da sequência de ensino, com um grupo de alunos que se mostraram disponíveis, e com os quais conversámos acerca do processo desenvolvido e das suas opiniões sobre as aulas. As entrevistas foram obtidas em cada uma das escolas dos alunos em hora e data combinada com eles, numa sala disponível. Foram audiogravadas e transcritas para protocolo (Volume II).

Dimensões	**Questões de orientação**
Reacções químicas e conservação da massa	(situações escritas em papel: combustão do papel em sistema fechado e enferrujamento do ferro em sistema aberto) - O que é que aconteceu? (para cada uma das situações) - Que indicadores de reacção química? - A massa aumentou/manteve-se/diminuiu? Explicar - O que se passa numa reacção química? - Quais os reagentes e quais os produtos da reacção? - O que é que se conserva/ o que é que muda?
Sistema aberto e sistema fechado: existência de substâncias gasosas	- E se o papel ardesse fora da campânula? - Previsões quanto à massa: aumenta/mantém-se/diminui? Como explicas? - O que é a ferrugem? - A massa aumenta/mantém-se ou diminui nesta porção de matéria? Como Explicas?
Outros aspectos Opinião geral dos alunos	- Gostaram do estudo deste assunto - conservação da massa nas reacções químicas e lei de Lavoisier? - Foi diferente das vossas aulas habituais, mesmo noutras disciplinas? Em que aspectos? (falar sobre a discussão nos grupos) - O que foi mais interessante? - O que é que compreenderam do percurso até ao estabelecimento da teoria de Lavoisier? - Querem dizer mais alguma coisa sobre aquelas aulas?

Figura 3.18. - Guião das Entrevistas aos alunos

3.8.3. Triangulação - Professoras /Alunos /Investigadora

A análise efectuada pela investigadora, a opinião de cada uma das duas professoras colaboradoras e a opinião dos alunos situam-se nos vértices de um triângulo de cruzamento de subjectividades e convergem para a validação dos processos e dos resultados do Estudo conduzido.

A triangulação, já referida como processo de validação nos domínios de investigação qualitativa, representa uma análise de congruências entre contribuições provenientes de diferentes fontes.

Se a fase de análise documental é uma fase individual ela não deixa de ser de nível inferencial e em que se tecem considerações sobre documentos (públicos) elaborados por outrém, o que significa por parte do investigador procura de congruência entre o quadro teórico apresentado e as afirmações/conteúdo do documento a analisar.

O Quadro teórico construído na base das orientações da NFC, era especificado num plano analítico traduzido pelas categorias de análise que representam outras tantas imagens da ciência desejáveis nos alunos do ensino básico e traduzidas num plano metodológico em orientações de PE que são os Indicadores. Tal Documento foi discutido com um especialista em Didáctica das Ciências, em particular na vertente da Epistemologia da Ciência. Com ele reflectimos as dificuldades inerentes a tal transposição didáctica e do sentido e limites das apropriações didácticas dos elementos epistemológicos, ou seja, de fazer a passagem das questões puramente epistemológicas (plano teórico) para questões da didáctica e sua articulação com as PE (plano metodológico). Tal quadro foi globalmente validado, embora tivesse continuado a sofrer ajustes muito finos no que respeita à sua função e adequação a Instrumento de análise da PE, numa dialéctica entre instrumento e objecto de análise (PE).

De acordo com os objectivos específicos da primeira fase pareceu existir um ajuste entre o modelo de análise e o objecto em análise (PE). O Quadro ajudava a compreender as práticas e estas reviam-se nele. Algumas dimensões foram referidas, com frequência, por ausência de indicadores ou por existência de indicadores afastados da direcção apontada pelo quadro. Foi possível, assim, estabelecer com base nas Categorias propostas, ainda que de uma forma tentativa, um perfil epistemológico para cada um dos professores (Capítulo 4).

Na Terceira Fase manteve-se idêntica metodologia de análise, e o modelo de análise e o Instrumento de análise mantiveram a sua dialéctica de ajuste. São sempre apresentados os processos detalhados de análise (Capítulo 6).

É apresentada a proposta de planificação no Capítulo 5. O professor colaborador desenvolve a sua prática de ensino com base numa planificação discutida e reflectida com a investigadora podendo dizer-se, no que é uma característica da metodologia de investigação-acção colaborativa, que professora e investigadora colaboram e interagem e já não que a investigadora é alheia e não participante em qualquer decisão sobre o que é alvo de observação.

Capítulo 4

Análise Epistemológica de Práticas de Ensino

4.1. Introdução

O Capítulo desenvolve-se pela análise de conteúdo sobre um *corpus* constituído pelas transcrições das aulas videogravadas de quatro professoras (Volume II).

As sequências observadas incidiram sobre a segunda unidade do Programa de Química do 8° ano de escolaridade embora com pequenas diferenças entre os participantes, resultantes de aspectos diversos de planificação e calendarização ou de condicionantes externos. Foi pedido explicitamente a cada uma das professoras que permitisse a videogravação da segunda unidade do programa, respeitante ao tema reacções químicas (aspectos relacionados com reacções químicas, teoria cinético-corpuscular, conservação da massa, reacções de combustão...) permitindo analisar a forma como tratava o assunto e as ideias que os alunos manifestavam durante a exploração, a fim de poder vir a propor-se alternativas para a sua abordagem (numa fase subsequente). Pareceu-nos que, seleccionando uma certa especificidade do conteúdo, poderíamos aceder com mais facilidade ao "perfil epistemológico" de cada professora e aumentar a fidelidade das inferências feitas. Tal selecção recaiu sobre o assunto que desde o início se afigurou como interessante para o projecto apresentado e que se manteria nas fases seguintes como objecto de estudo.

Não existiram quaisquer orientações ou indicações relativamente às aulas videogravadas, tratando-se de uma observação naturalista.

Na análise optou-se por um processo descritivo e interpretativo, realizado de forma sequencial, num percurso pela totalidade da prática observada, fazendo ressaltar, sem os isolar do conjunto, os episódios com uma "leitura" epistemológica, abarcando três níveis de análise: intenção ou planificação - sentido (intencional) que possam ter as opções; consecução prática do professor em articulação com a resposta dos alunos - sentido do que passa na sala de aula em interrelação com o sentido da participação dos alunos na construção do seu próprio conhecimento.

Procurou-se contextualizar os episódios e/ou as cenas em análise através de transcrições parciais que sustentassem as afirmações inferenciais proferidas e acentuassem os discursos como reforços para a validade de tais inferências. Algumas vezes remete-se para os próprios descritivos pela necessidade de ampliar o contexto da situação em análise.

Pretende-se evidenciar os sentidos que poderão estar subjacentes às práticas de ensino das professoras, procurando compreender e interpretar o significado epistemológico de situações pedagógico-didácticas, uma vez que o contexto da análise é a situação de ensino/aprendizagem. Porque tal converge para a compreensão da dimensão epistemológica, referem-se aspectos pedagógicos e científicos que ajudam a completar e articular o quadro que se pretende de predomínio epistemológico. Dada a diversidade e abundância de aspectos que poderiam ser considerados, e possivelmente têm leituras múltiplas, a análise representa uma selecção dos aspectos que parecem epistemologicamente mais significativos, tendo consciência de que nunca é possível ser exaustivo e singular em cada episódio. A riqueza das situações introduz muitos aspectos que permitem leituras por vezes muito enredadas e que ao decifrá-las podem conduzir a um desmantelamento do episódio em porções que somadas já não o voltam a reconstituir. Assim sendo, a análise apresentada enriquece-se com a consulta dos protocolos correspondentes às aulas videogravadas (*corpus* - Volume II) para aceder aos descritivos e diálogos contextualizados.

O objecto de análise é o processo de ensino-aprendizagem (incluindo nele o discurso verbal). O modelo de análise é narrativo com comentários críticos.

Esta forma de análise, exaustiva, descritiva e interpretativa, permite um melhor conhecimento de práticas nas aulas de Química do 8° ano de escolaridade (Unidade 2 do Programa em vigor desde 1995).

Em seguida procede-se a uma articulação da análise feita com as dimensões do Instrumento de Análise, categoria a categoria, em função dos indicadores estabelecidos para a caracterização de cada uma das categorias, e isolando agora dos aspectos pedagógicos e científicos. Tal síntese é feita na tentativa de obter um "perfil epistemológico" da prática de ensino de cada professora.

Assim, a organização deste capítulo inclui a análise das práticas de ensino e o perfil epistemológico de cada uma das professoras, que foi traçado seguindo mais de perto as categorias do instrumento de análise. O conjunto dos quatro casos analisados termina por uma síntese evidenciando os aspectos de proximidade e de afastamento entre eles, nos respectivos posicionamentos epistemológicos inferidos da análise das práticas.

4.2. Professora A

4.2.1. Análise da Prática de Ensino

96/01/04

Para a primeira aula da série videogravada, o sumário, escrito duas aulas depois, é: "Realização de uma destilação. Transformações químicas devido ao calor e à electricidade".

Um episódio que merece referência e cujo desenvolvimento se processa ao longo da aula, apresenta o tratamento dado a uma destilação de um vinho, montagem experimental que a professora realizara antes da aula e que, portanto, já está preparada

quando os alunos entram. A professora determina o quê e como se fará, e a participação dos alunos é pouco mais do que observação do que se vai passando. No início participaram na resolução de um problema técnico relativo à montagem da destilação. A partir daí a professora ia informando os alunos do valor da temperatura que lia no termómetro. Foi ela que propôs a metodologia a seguir.

Este episódio, no seu desenvolvimento ao longo da aula, deixa transparecer a forma como é encarada a experiência: Simultaneamente central e ilustrativa. Digamos que o Trabalho Experimental a ela se resume, entendida como montagem experimental possibilitando observação "passiva" de dados. Nesta situação, espera-se que evolua e no final constatam-se factos e fica ilustrada a matéria já abordada, sem que ocorra articulação com os conteúdos científicos tratados.

A proposta da professora é:

> *P- (.../...) eu sugeria que ligássemos a lamparina e eu... esquecêssemos da destilação. Eu ia dando matéria, não é? até que, quando a destilação se iniciasse nós interrompíamos nessa altura a aula... e íamos ver o fenómeno (3:25) (.../...) esquecemos aquilo e vamos dar início à aula. (5:27)*

Ao surgir um problema de ordem técnica relacionado com o modo de segurar o condensador, porque inesperado, a proposta da professora é adiar ainda por mais uma aula a realização da experiência. São os alunos que propõem soluções para resolver a situação, que a professora acaba por aceitar.

Em termos de discurso, e no que diz respeito ao assunto novo que se preparou para abordar, a professora diz que inicia a aula por um problema para os alunos resolverem, deixando transparecer uma intenção problematizadora, mas a evolução não é a resolução do problema mas antes uma aula cuja estratégia é o diálogo que vai fazendo evoluir a matéria prevista pela professora, e em que praticamente são aceites, dos alunos, os aspectos que dão a sequência prevista ao assunto. O problema, tal como apresentado, é proposto na forma de dar os termos observáveis de duas experiências descritas pela professora e em seguida tentar a explicação para os fenómenos (aquecimento de um

cubo de gelo e de açúcar: o que acontece e porquê?). O assunto vai evoluindo e a questão problemática foi esquecida.

Enquanto permanece a discussão sobre o comportamento dos dois materiais, por aquecimento, as respostas dos alunos são sempre muito curtas e é a professora que, embora vá incentivando os alunos, vai dando as explicações.

Quando acontece um aluno dar respostas "erradas" a professora contorna a situação e avança sem demora para a resposta, apresentada de uma forma inquestionável, talvez mesmo dogmática: *"O que é que acontece ao gelo quando ele passa ao estado gasoso? Vocês não têm dúvida nenhuma de que a substância é a mesma. Qual é a substância? Qual é a substância?"*.

Passam questões de natureza científica, em que se generaliza o que não é generalizável, como seja a ideia de irreversibilidade de uma transformação química:

> *P- (...) por que é que afirmaste logo à partida que o cubo de gelo sofria uma transformação física e o... o que é que te levou a tirar essa conclusão?*
>
> *A- O cubo de gelo não mudou de forma. (8:39)*
>
> *P- Espera... Diz lá... Vê lá... Dedos no ar!*
>
> *A- O gelo (professora completa as palavras do aluno)*
>
> *A- Era reversível.*
>
> *P- Já há aqui algumas pistas... Disseram que era reversível, a do cubo de gelo, enquanto a do açúcar... A do gelo podia voltar novamente a ser o gelo, e o açúcar não conseguia voltar a ser o açúcar. O que acontece ao gelo é que ele passa ao estado gasoso? Vocês não têm dúvida nenhuma de que a substância é a mesma. Qual é a substância?*

Com a forma de diálogo, o que ocorre principalmente é informação debitada de forma linear e aproblemática.

É notório que a professora é muito sensível a aspectos ambientais, sociais e tecnológicos e recorre com frequência a exemplos que permitem entender a Química no seu contexto global, de relação estreita com tais questões:

> *P- As transformações químicas que necessitam de energia para se obter outra... são usadas na indústria para se produzir outras substâncias, (...) como por exemplo a produção de cal viva. (.../...) Quando se abre um vulcão e ele deita lava? O que é que acontece? (15:12) estão activos... e a certa altura a pressão dentro da crusta terrestre... rebenta essa tampa e sai a lava... Ora a lava... a lava são produtos resultantes de transformação química. Isso é uma transformação química que acontece na natureza e que é devida, ou que é produzida pela energia térmica... Ouviram falar ainda há pouco tempo, há uns 15 meses, de vários vulcões que entraram em erupção...*
>
> *(.../...) O foguetão quando ia à lua levava oxigénio, não era? Um era o combustível, lembram-se? E tinha que levar oxigénio porque lá em cima não havia oxigénio. E o hidrogénio era o combustível da máquina... Falámos aqui. (~22:00)*

Contudo, em relação aos exemplos da iniciativa dos alunos, não os explora convenientemente.

Acontece com frequência reformular as respostas dadas. Noutras situações, embora peça para explicarem, acaba por sobrepor a sua, à voz dos alunos.

Nesta aula assistimos a uma situação, que embora breve, de alguma forma se pode considerar uma abordagem a método de trabalho dos cientistas: "*Os cientistas já pensaram e acharam que essas explosões eram devidas...*". O conhecimento científico surge, assim, construído com base racionalista, de origem no pensamento, em oposição a base empírica de início nos dados ocasionais provenientes da observação directa.

Há uma situação de que podemos inferir a falta de envolvimento dos alunos na aprendizagem. Parece haver da parte da professora uma aula conduzida com base num plano definido, com alguns exemplos, eventualmente planeados e outros ocasionais, mas com uma intenção bem determinada. Esse plano não é conhecido dos alunos. O problema inicial fora deixado... os alunos vão andando ao sabor das solicitações da professora sem terem uma questão para dar resposta, pela qual estejam interessados e com a qual venham a obter conhecimento novo e significativo. Assim, por um lado são muito participativos e interessados mas por outro afastam-se com muita facilidade do contexto do assunto em estudo. Aquando da interpretação da reacção química de termólise da água nos vulcões um aluno lembra-se de referir a produção de energia

eléctrica a partir da água nas barragens, a professora dá-lhe uma resposta linear (evasiva) e logo retoma o assunto em estudo. Para os alunos não foi clara a "impertinência" da questão posta:

> *P- (23:53) Ora bem, ainda dentro dos vulcões aprendemos que... conseguimos produzir o gás hidrogénio principalmente a partir do aquecimento, a cerca de mil graus pelo menos, da água... Muito violento, da água...*
>
> *A- Então e... sobre uma energia... quando... para obter a electricidade... nas barragens?...*
>
> *P- Pois.*
>
> *A- Há esse tipo de energia?*
>
> *P- Essa energia pode ser transformada de uma forma para outra... e depois em casa esse tipo de energia é transformada noutros tipos de energia... temos a torradeira, o secador...*

Parece transparecer igualmente a ideia de que a professora não tem consciência da existência de concepções alternativas (CA) no pensamento dos alunos. A ideia de composto formado pela sobreposição de substâncias que não perdem as propriedades, ou a confusão entre elemento e substância elementar, são aspectos que vêm ao de cima, muito em particular quando se trata da água e seus componentes. A uma questão de um aluno, nesse âmbito, responde a professora de forma cientificamente correcta, embora sem deixar transparecer um conhecimento didáctico sobre tal aspecto:

> *A- Uma pergunta: então porque é que a água não explode logo em contacto com o hidrogénio?... é que o oxigénio tem assim...*
>
> *P- Porque a água não é nem oxigénio nem hidrogénio... Ora vamos lá ver... É uma pergunta interessante... O Guilherme estava a relacionar o comportamento de três substâncias diferentes. Ele estava a relacionar a água com o oxigénio e o hidrogénio e os comportamentos diferentres. A água é uma substância diferente... e tem propriedades diferentes do oxigénio e do hidrogénio. Tu, a partir da água, consegues transformar quimicamente a água. Decompões a água em oxigénio e hidrogénio. Segunda-feira vamos ver... (Ao propor a realização de experiências para a próxima aula os alunos reagem entusiasticamente)*
>
> *A- É perigoso?*

> *(26:28)P- Não é perigoso, não. Olha Guilherme, a água é uma substância. A água tem características diferentes do oxigénio e do hidrogénio. A característica mais visível é que o oxigénio e o hidrogénio são gases à temperatura ambiente. São duas... Porque a água é uma substância que quando aquecida a mil graus produz... pode decompor-se a água e obter hidrogénio e oxigénio que são substâncias diferentes. Tá bem? Certo?*

Nessa sequência fica inclusivamente a promessa de realização de uma experiência "para ver" que se consegue transformar quimicamente a água, decompondo-a em oxigénio e hidrogénio. Os alunos reagem entusiasticamente à ideia de realização de experiências conduzindo-nos a pensar numa função essencialmente confirmatória e lúdica para a experiência.

O diálogo é a estratégia principal utilizada pela professora. Permite aos alunos que interrompam, que dêem exemplos, mas o saber a reter é aquele que a professora debita e para o qual não se cansa de pedir a atenção dos alunos, numa imagem de que a aprendizagem ocorre principalmente por transmissão.

Há, como já foi referido de passagem, um recurso abundante a exemplos no âmbito da relação da Química, muito em particular com a tecnologia (ao longo do descritivo da aula, de 14:00 a 38:00). Não implementa deliberadamente estratégias CTS.

Não recorre a fundamentos/critérios teóricos para interpretar e explicar as situações propostas. Quando fala de "base teórica" identifica-a com "fenómeno" (descritivo - 36:00) e na sequência explica o "processo" da galvanização, valorizando a componente operativa:

> *P- Certamente já ouviram falar em prata com banho de ouro.*
>
> *A- Prata?...*
>
> *P- Prata com banho de ouro... o que produz, na indústria, a base teórica, o fundamento dos cromados, do banho de ouro em prata... é precisamente o mesmo fenómeno que decompõe a água em hidrogénio e oxigénio pela corrente eléctrica. Ora, como é que se faz isso? Utilizo uma substância, por exemplo, uma substância composta cuja componente seja por exemplo, o ouro. Há uma solução dessa*

substância... e faço com que haja passagem de corrente eléctrica através dessa solução...

No final da aula, como prometido e previsto, voltam à destilação. A professora dá uma informação factual mas avança, em seguida, para a interpretação da situação. Após a precária explicação, sem questão inicial nem ponto de partida teórico, pergunta, como se fosse evidente a resposta, se se trata de uma transformação física ou química? A resposta dos alunos, na sequência de uma aula em que o assunto foi as reacções químicas numa grande variedade, é que, no caso da destilação, se trata de transformação química (diálogo completo no descritivo, de 38:27 a 51:46). Por mais que a professora se esforce por obter a resposta "considerada correcta", que seria suposto surgir da observação da experiência, os alunos não a atingem. Insistem que se trata de uma transformação química, o que surpreende a professora, mas que parece advir da ausência de problematização com questões motivadoras do interesse pela situação e da ausência de previsões num quadro teórico definido. Nem sequer esclareceram a distinção entre transformações físicas e químicas. Naturalmente que acaba por ser a professora a fornecer a saída para a situação, indicador de que os alunos não partiram para a realização da experiência conhecendo a intenção com que ela se ia realizar:

P- Então o que é que eu estou aqui a fazer? Estou a separar... estou a separar... uma das componentes da mistura que é o vinho... Então eu voltava a pôr lá o álcool outra vez no vinho... Então... (alunos falam) (43:10) Vamos lá ver se nos entendemos. Eu aqui... Oh... Rui... Eu aqui tenho uma mistura de substâncias...

Ficou praticamente apenas o interesse da realização, em si, da destilação. Passou a ideia de que "se fizera" a experiência para obter álcool, afinal outro material diferente do inicial. Com base em que é que, afinal, estamos em presença de uma transformação física? De imediato se evolui, passando para um aspecto mais lúdico, tendo sobressaído a importância de um saber factual que, neste caso, é obtido e garantido pelo inequívoco valor da leitura no termómetro. A professora deixa passar uma imagem de

"autoritarismo" do conhecimento científico, até pela forma como se dirige ao aluno (melhor percebido pelas imagens):

> *P- O que está dentro do copinho?... Dentro do copinho só tem álcool, acho eu.*
> *A- Acho que não.*
> *P- Tu achas que não?... Se o valor que está no termómetro é o ponto de ebulição do álcool. Tu tens dúvidas que ali naquele copo está só álcool?*

No final da aula assistimos a uma situação que podemos considerar de aceitação de erros em resultados experimentais, não podendo inferir-se que se fez uma exploração intencional do seu valor epistemológico:

> *A- A água assim à temperatura ambiente também evapora.*
> *P- Já falámos disso, não é? É evaporar. É uma passagem lenta para o estado gasoso... Se for rápida, ou seja... olhe, oh Nuno... eu concordo consigo, porque, inclusive, se calhar o copo não estava limpo, portanto... e a sujidade que nós não vimos mas que se calhar lá estava, vai misturar-se com o álcool... Em condições ideais, num sistema altamente protegido, com um condensador muito comprido...*

96/01/08

A segunda aula videogravada é uma "aula laboratorial", com metade do número de alunos da turma. Dado que a sala está equipada com bancadas e *hote*, os alunos podem trabalhar em grupos distribuídos pelos espaços de trabalho.

A professora revela-se muito sensível à questão da segurança no laboratório, ela própria usa bata e os seus alunos usam bata própria ou aventais da escola. Como alguns alunos vão trabalhar com o óxido de mercúrio (embora já não recomendado) são alertados para perigos desta substância, de forma especial, e desenvolvem o trabalho na *hote*, protegidos com óculos e luvas (faltou a máscara): "*Vocês vão decompor o óxido de mercúrio que é altamente tóxico. (...) (7:00). Contém o mercúrio, não se deve deitar para a pia. É muito venenoso.*"

ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO CASTELO BRANCO OFERTA

No início da aula a professora coloca a situação chamando-lhe problema, está relacionado com questões de economia de produção, mas não há oportunidade para discussão por parte dos alunos.

> *P- Trata-se então de uma maneira mais fácil que era obter hidrogénio... decompondo a água em oxigénio e hidrogénio, mas utilizando a corrente eléctrica, viram... Vamos fazer umas experiências que demonstram...*

A professora chama demonstração àquilo que vão fazer. Digamos que não se trata de demonstração como modalidade de trabalho experimental (TE) mas tal designação parece-nos antes relacionada com a imagem de uma função confirmatória para a experiência envolvida num ambiente de valorização da observação e manipulação.

Inicia pela definição e clarificação dos termos "termólise" e "electrólise" (descritivos de 5:00 a 6:00). Daí, em estratégia de trabalho de grupo, os alunos iniciam, com alguma autonomia, a realização da tarefa operativa. A professora remete a orientação do trabalho prático para o manual escolar, em página definida, dizendo:

> *Vocês vão fazer a experiência que está no vosso livro na página 121. É na página 121. O Manual tem tudo o que é preciso, está bem? (...) Lêem com atenção a experiência... têm todo o material ali, o bico de Bunsen...*

A propósito da utilização do óxido de mercúrio a professora alerta os alunos para questões ambientais:

> *P- Digamos que se for aqui na sala, faz muito pior. Agora para o ambiente, fica mais diluído. Não quer dizer que não vá poluir... os gases é natural que vão poluir, tá bem?*
> *A- (...)*
> *P- Tem menor espaço, ficaria muito mais concentrado (10:00)*

Relativamente aos trabalhos, são indicados todos os passos de forma sequencial e definida. Chega mesmo a antecipar os resultados do trabalho e coloca o interesse "no ver":

> *P- E pronto... e vão pôr... cloreto de cobre em cobre metálico que se vai depositar nesse eléctrodo... que vocês vão ver... também vão ver... vai-se libertar o gás cloro... vocês vão... (14:00)*

O relatório é proposto para ser feito na própria aula. À questão dos alunos "*O que é que havemos de fazer? Pomos lá tudo?*" a professora responde "*Tudo. Tudo.*", e enumera passos, não parecendo existir um incentivo de elaboração de um relatório predominantemente crítico e interpretativo valorizando as diferenças entre grupos e eventualmente os erros: *"Relatório, nome do trabalho, nome da cientista, fundamento teórico...*". Eventualmente estamos em presença de um relatório "tipo" com função mais administrativa do que crítica.

Um aspecto que não podemos deixar de referir é que a professora ao falar para uma aluna usa o termo feminino "cientista", digamos que, dando uma imagem de cientista acessível e, de alguma forma, deixando transparecer uma certa face humana para os trabalhadores da ciência.

96/01/09

Sumário: Discussão dos trabalhos práticos realizados na aula anterior.

Já na aula laboratorial anterior tinha passado a imagem de valorização de termos sem preocupação da aprendizagem dos conceitos que eles traduzem. A professora diz: "*Na aula prática demos nomes às transformações. À decomposição por acção do calor e à decomposição por acção da electricidade... Como é que nós lhe chamámos?*". Na mesma senda inicia a actividade da aula referindo que: *"antes de discutirmos eu queria que vocês registassem o que é que era a electrólise e o que é a termólise (está no quadro) porque nós tínhamos escrito no quadro... na aula teórica.*", podendo conduzir a uma imagem de valor do conhecimento feito de definições que em conjunto criam uma série de produtos, corpo de saber factual da ciência.

A professora utiliza termos identificados com o trabalho científico e com a actividade dos cientistas. Por exemplo, "*discutir os trabalhos*", ou: *"os grupos que*

fizeram a experiência terão que comunicar... porque é... o que é que aconteceu, quais... de modo a que os outros grupos que não fizeram essa experiência percebam" e ainda: *"se comunicarmos uns aos outros o que cada um fez fica-se com muito mais informação"*. Contudo, fica a imagem da valorização e do papel central da experiência na expressão, repetida: "fazer a experiência".

O relatório mandado fazer durante a aula prática iria ser apresentado pelo porta-voz de cada grupo, tendo a professora esclarecido: "*Não é preciso ler, basta descrever*".

É a professora que orienta, dirigindo a apresentação dos relatórios, ficando a ideia de grande relevo para o esquema a ser desenhado no quadro, para a montagem experimental reposta sobre a secretária, enquanto se enumera o material usado. Central na apresentação é o aparato experimental e a descrição do processo, de forma sequencial, que os alunos fazem (descritivos de 17:00 a 21:00). Tendo eles realizado tarefas diferenciadas, que podiam comunicar aos colegas, seria importante/imprescindível apresentar a questão inicial condutora do TE.

A avaliação, como ameaça, está presente para o estabelecimento da ordem e disciplina na sala de aula: "*Se querem conversar vão para a rua. São coisas sérias que depois no teste saiem* (21:00)".

Aspectos que, também na apresentação, são valorizados referem-se à questão de segurança no laboratório e às questões ambientais. Tais aspectos já tinham sido ressaltados na aula laboratorial. Contudo, o objectivo do TE fica reduzido a questões principalmente operativas, valorizadoras do processo e da observação, num posicionamento mais empirista:

> *P- Ora bem, o que se pretendia era (aponta)... um tubo fechado, só estava aberto aqui assim... quando se decompusesse, por acção do calor, o óxido de mercúrio em oxigénio e mercúrio. O oxigénio que é o gás, devia libertar-se... shiiu... e conduzido através deste tubo de vidro que estava mergulhado neste tubo de ensaio com água e ia empurrar a água do tubo e ia ocupar o espaço superior do tubo, certo? Nós íamos assim detectar... Acontece que... Qual foi o nosso azar?*

Tal aspecto é importante quando é paralelo de uma forma integrada de conduzir o trabalho experimental.

Na sequência deste episódio, surge uma atitude da professora em que o erro (experimental) não é evitado ou ignorado. Dada a circunstância vivida pelo grupo de trabalho, essa era uma situação a ser explorada no relatório. Tal não aconteceu. Assistimos a uma tentativa muito positiva de compreender a situação, e não de a ignorar ou omitir, embora a hipótese explicativa surja de um aluno, é depois completamente avançada pela professora:

> *P- (.../...) Qual foi o nosso azar?*
>
> *A- Pusemos pouco.*
>
> *P- Pois, uma das hipóteses de ter falhado... Nós dissemos que o óxido de mercúrio era muito venenoso`e pusemos uma quantidade mínima e segundo era que... não era também suficiente para decompor o óxido de mercúrio em oxigénio e mercúrio, certo? O que deveria ver... e vê-se aqui, o mercúrio é cinzento... e vê-se aqui, o mercúrio é cinzento... (a professora mostra o tubo de ensaio utilizado na experiência) Estás a ver? Podia igualmente ser o mercúrio que se formou... só que... não se formou o suficiente para... de modo a empurrar a água que estava no tubo, certo? (23:00)*

Para a escrita da equação da reacção química, a que se refere falando de "representação" e que parece ser compreendido pelos alunos, a professora pede sugestões. Faz sentido ser esta a forma de iniciar a escrita de equações químicas, partindo de uma situação de necessidade na sequência do trabalho experimental. Os alunos colaboram e estão atentos:

> *P- Apareceu aqui uma nova representação que vocês ainda não tinham visto... que é a representação de uma transformação química... (.../...) Sempre que se faz uma representação de uma transformação química esquematicamente, do lado direito da seta põe-se o que se obteve... são os produtos da reacção, certo? Nós fizemos reagir o óxido de mercúrio, (27:00) logo esse é o reagente. E fomos obter o oxigénio e o mercúrio, logo o oxigénio e o mercúrio são duas substâncias que se formaram... são os produtos da reacção. Por cima da seta, uma vez que o calor não era reagente, era apenas agente que promovia esta transformação, fica por cima da seta e indica qual é o agente... neste caso o calor.*

Como exemplo, faz-se referência à termólise do carbonato de cálcio. A sobreposição da professora, relativamente aos alunos, é dominante. A professora vai buscar um frasco de carbonato de cálcio e refere o processo industrial da obtenção da cal viva (óxido de cálcio). Apesar das intervenções dos alunos a manifestar alguma curiosidade sobre o assunto e apesar dos seus contributos, a professora não lhes dá atenção e informação, e avança dando importância, principalmente, à escrita da equação química. Gera-se alguma confusão, com os alunos eventualmente mais interessados em esclarecer as suas dúvidas e a sugerirem mesmo que a professora "deite água dentro do frasco do carbonato de cálcio" (descritivos de 30:00 a 36:00).

É apresentado outro trabalho da aula anterior, seguindo exactamente a orientação sequencial:

> *Outro trabalho foi o daqueles meninos que fizeram a electrólise da água... Alunos... e o porta-voz?... (37:00) Então enquanto um faz o esquema, outro tenta descrever a electrólise da água... (dirige-se à arrecadação) (...) (mostra o voltâmetro).*

Acabou por ser a professora a descrever o processo, com a participação dos alunos. Fica o sentido operativo, descritivo e a valorização dos factos observados, sem que tivesse ocorrido qualquer interpretação com base em previsões anteriores.

> *Portanto o que aconteceu foi o seguinte (43:00) (...) O que acontece é que ao haver reacção química... o gás vai-se libertar. Como o gás é mais leve que a água, sobe... e vai subindo pela água, até que chega ao cimo do tubo... a água vai saindo e o gás vai ocupando o espaço... está bem?*

Volta nesta aula, e na sequência da apresentação do trabalho experimental que envolveu a electrólise da água, a confusão de um aluno, entre elemento e substância elementar, identificando o componente oxigénio da água com a substância respirável: *"A- Eu estava a dizer que se a água tivesse mais oxigénio do que hidrogénio nós conseguíamos respirar água"*. Tal como já acontecera na situação anterior, a professora responde, do ponto de vista científico, mas não se apercebe que tal aspecto constitui uma CA habitual nos alunos.

96/01/10

O sumário é: "Conclusão da aula anterior". Tratando-se de continuar a metodologia da aula anterior, a professora repete os termos que já utilizara para situar os alunos:

> *Na aula de ontem... Na aula de ontem discutimos e comunicámos alguns resultados das experiências que foram feitas na aula prática. Discutimos com algum pormenor a decomposição do óxido de mercúrio*

Tais termos são aplicados "à experiência" resumindo assim todo o TE à realização da experiência, numa valorização do processo. À descrição feita pela professora "*Decompunhamo-lo em duas substâncias que vimos que era o oxigénio e o mercúrio.*" um aluno questiona: "*Como?*", revelando que não havia fundamento para poderem tirar tais conclusões da realização da experiência. Não tinham critérios de identificação das susbtâncias obtidas.

A mesma incidência no termo "ver" repete-se ao fazer o ponto da situação relativamente à electrólise da água. Aqui, passa a imagem de importância dada ao produto final, aspecto a reter com a realização da experiência, como se desta, de forma linear, se pudesse obter conhecimento, num posicionamento de pendor empirista:

> *O que vocês viram e que eu quero que fiquem... viram durante a electrólise é que se produzia mais gás hidrogénio que gás oxigénio. É isso que eu quero que vocês fiquem...*

Teria sido necessário planear a observação com um guia teórico para que os alunos "vissem" aspectos interessantes. Por outro lado, para uma conclusão tão linear, a informação fornecida pela professora valeria o mesmo, com ou sem realização da experiência, conduzida da forma como o foi. A imagem é a de conhecimento como produto final, ciência como mero corpo de conhecimentos a reter de forma memorística.

Ocorre um episódio, já habitual, revelador da sensibilidade da professora pelas questões ambientais, embora não sejam os aspectos centrais à volta dos quais se

discutem e resolvem questões problemáticas. Desta vez trata-se, de passagem, da questão da composição da água, à referência à água da chuva e daí para as chuvas ácidas. De qualquer forma, como noutras ocasiões, surgem exemplos, algum esclarecimento e um corte abrupto por parte da professora, que afasta o assunto para retomar, cumulativamente, a matéria de estudo. Após a referência às chuvas ácidas e quando um aluno ia falar "*de uma estátua....*", a professora atalha:

> *Se calhar... Ora bem, Guilherme... Continuando, iremos agora... Eu só queria que retivessem principalmente... o que eu queria que retivessem (15:00) é que a proporção de oxigénio para o hidrogénio que se forma é maior e... até... é o dobro do oxigénio que se forma. Mas... dentro desta experiência, eu é que vos disse e vocês não viram... mas eu é que vos disse que o que se formava no tubo era o hidrogénio e no outro o oxigénio. Vocês... (...) Vocês acreditaram no que eu disse mas não confirmaram... Podia ser isso ou ser outra coisa qualquer. (.../...) podemos experimentar se aquilo é oxigénio e hidrogénio. Podemos testar... de modo a verificar .*

A cena transcrita é reveladora de alguns aspectos vários, mas confluentes numa tónica epistemológica, traduzindo uma perspectiva de aprendizagem da ciência como transmissão possível que o professor pode fazer e na ideia de um papel confirmatório e verificacionista para a experiência que assim sai valorizada deste discurso, isto é, acercada de uma posição positivista e empirista.

Após essa situação segue-se um episódio que, de alguma forma podemos considerar revelador de alguma flexibilidade na alteração de estratégias. Com recurso ao Manual dos alunos, analisaram, em diálogo conduzido pela professora, as propriedades dos gases oxigénio e hidrogénio. Não ficou bem clara esta ideia de reacção química e a passagem dos elementos componentes da água para a obtenção dos gases oxigénio e hidrogénio. O diálogo centrou-se nas propriedades dos gases e na definição de combustão, mas no final ficou a proposta da professora de tratar experimentalmente a situação e ficou planeada tal execução. Foram apontadas previsões embora pudesse ter sido evidenciado o interesse de as fazer para servirem de base para a realização experimental. O que a professora se propõe é "mostrar" aos alunos essas propriedades

operativas das substâncias, colocando a experiência e a observação de novo no cerne da actividade experimental:

> *P- Ora bem, continuando... Já vimos que o oxigénio alimenta a combustão. Portanto, se eu conseguir... na próxima aula... eu vou montar uma electrólise antes da nossa aula, de modo a obter oxigénio e hidrogénio suficientes.*
>
> *A- Quanto tempo demora?*
>
> *P- Não sei... para aí uma hora...*
>
> *A- Uma hora?!*
>
> *A- Duas...*
>
> *P- Não sei, não sei... depende. Mais de uma hora. Oh Nuno, nós fizemos quase uma hora. (21:00) Ainda estivemos aqui a conversar acerca do que íamos fazer. Foi para aí... Tiveram que esperar que eu fosse lá...*
>
> *A- Para aí uns 25 minutos.*
>
> *P- Também acho. Ricardo. Portanto... consigo arranjar quantidade de oxigénio e hidrogénio suficientes... mas não se preocupem com isso... Eu vou fazer de modo a obter oxigénio e hidrogénio em quantidades suficientes...*

De trabalho em trabalho se vai diluindo a "apresentação" pelos alunos e se vai reforçando a "condução" por parte da professora. Mas permanece o papel central atribuído à experiência e à observação. A professora vai à arrecadação para trazer o material da electrólise do cloreto de cobre e passa o resto do tempo, ela própria, a descrever a montagem experimental. Não foi descuidado o aspecto da segurança.

Passa uma imagem de estatuto de actividade ocasional para a observação:

> *P- Ah! havia outra coisa, os meninos que fizeram a electrólise... Se calhar esqueceram-se... se calhar não viram onde é que se formava o cobre e onde é que se formava o cloro (...) (completa o esquema) e não viram, por acaso, não repararam qual é o eléctrodo... umh... qual é o electrodo... qual era o pólo do gerador?*

Ao que o aluno responde, com a mesma dose de ocasionalidade: "*acho que o cobre era o negativo*", reforçando a ideia de dados passivos à mercê de quem reparasse neles.

A professora dirigiu a aula que inicialmente apresentara como de "comunicação de resultados pelos alunos e de discussão" e descreveu desenvolvimentos operativos a maior parte do tempo. Não ocorreu problematização e quando houve questões foram de completamento. A experiência ocupou o lugar central e o papel relevante foi para a observação, entendida como passiva. Apesar de a professora manter uma relação pessoal facilitadora e mostrar preocupação com a aprendizagem dos seus alunos não parece compreender os motivos do insucesso e a falta de consistência dos seus saberes.

96/01/11

Sumário: "Transformações químicas por acção da luz".

O que principalmente os alunos retêm e a forma como referenciam ou recordam o assunto é como "realização de experiência". Quando a professora pergunta "*onde é que ficámos na aula passada?*", um aluno responde: "*Ficámos na experiência da electrólise do cloreto de cobre*", sobressaindo a posição central da experiência.

Para o trabalho experimental não há referência teórica. Passada uma aula o que é possível é descrever de forma sequencial os passos da realização da experiência. A professora, através de questionamento fechado, vai obtendo a descrição técnica da experiência. Uma vez que a observação, apesar de valorizada, não foi preparada com base num planeamento cuidado e fundamentado, aspectos interessantes não foram sequer retidos pelos alunos (e já não recordam, por exemplo, em que eléctrodo se liberta o cloro nem que este é um gás).

O assunto a ser abordado na aula é a fotólise. Não se inicia por uma questão-problema mas por perguntas, até os alunos "adivinharem" qual é, dando sequência aos aspectos tratados, o próximo agente que pode originar transformações químicas. Talvez por consulta no Manual, os alunos avançam com "a luz".

A professora envereda por uma abordagem interdisciplinar trazendo a reacção de fotossíntese que os alunos conhecem da Biologia, mas é notória alguma insegurança científica da professora ao longo do desenvolvimento do assunto. Passam assim alguns

aspectos genéricos que pouco contribuem para a compreensão de tais reacções químicas; os alunos divagam e deixam de saber qual é o aspecto central em análise:

P- O que ela quer dizer com "dá coloração às plantas", penso eu, é que as plantas verdes são plantas capazes de realizar a fotossíntese, não é? Os cogumelos não são verdes e não fazem... não são capazes de fazer a fotossíntese.

A- Não... Vá lá... E há plantas também que não são verdes...

P- Têm uma certa quantidade de clorofila, não sei.

A- Têm sempre uns pigmentos mesmo que sejam mínimos.

A- Acho que não!

P- Achas que não? Eu também acho que não. Temos que perguntar à professora de Ciências... Têm um tom esverdeado... não, Ricardo? (8:00) Mas se não te importas fica para a aula prática. Trabalho de pesquisa: verificar se todas as plantas que têm clorofila têm a mesma tonalidade verde? Têm ou não?... Também não sei. Daí que eu diga... era que as plantas que realizavam a fotossíntese tinham que ser verdes. Mas pode ser que não... Mas, continuando: esta realmente é uma transformação química... importante para a vida na terra, porquê? Diz lá, Cláudia.

(.../...)

A- Uma experiência que mandaram fazer para casa... Nós punhamos uma planta... para um lado... Mas nós virávamos o vaso e ela virava-se outra vez para o mesmo lado.

P- Para ter uma planta direitinha lá em casa... Tenho uma planta... tenho que a ir virando porque se não a planta... não é? (.../...)

A- Não sei se tem alguma coisa a ver, mas eu tenho lá um... tinha... e então... um prato com água. Metia-se um copo no meio... e quando uma moeda... acendia-se o fósforo... e a água ia para o meio.

P- Isso é outro fenómeno. E é o mesmo, é uma transformação química. Dentro do copo não tinha água, tinha ar e o fósforo, não era?

A- Pois.

P- Tinha ar, tinha oxigénio e a combustão do fósforo consumiu o oxigénio que estava dentro do copo e então o... Como consumiu, deixou de haver tanta quantidade de oxigénio lá e digamos que o espaço foi ocupado pela água, não é? (14:00) O que aconteceu foi que a combustão consumiu oxigénio e a água... o oxigénio foi consumido... Agora, aqui estávamos... um sistema com água... e esse oxigénio que empurrava a água... o agrião iria produzir o oxigénio e empurrava a água... e depois podíamos testar com um pavio incandescente para vermos que era oxigénio. Diz?

A- Tem que ser com uma planta verde?

P- Planta verde, sim. Plantas verdes. Convém ser uma planta verde... Mas ainda dentro da fotossíntese... voltando à fotossíntese... (15:00) escrever a equação que traduz a transformação química, e vocês sabem quais eram os raegentes da fotossíntese?

A- Água e luz.

P- Fotossíntese?

A- Luz.

P- Será que é um reagente?

A- Não. É o agente.

O que poderia ter-se apresentado como uma questão investigativa transformou-se em pouco mais do que um exemplo ilustrativo. Chega a ser anunciado um trabalho de pesquisa que não é clarificado e que nunca teve sequência. Os alunos passam com facilidade para questões que não são pertinentes no âmbito do assunto mas de que eles não se apercebem. Quando os alunos estão envolvidos no assunto, este tem significado e sabem o que questionam e pesquisam; as perguntas fora desse âmbito tendem a desaparecer. Em tais situações a professora aceita durante algum tempo mas em seguida ignora, sem situar qual é o problema ou o assunto em estudo.

Uma vez que não se mobilizam conhecimentos teóricos para resolver as situações, que não se clarificam os conceitos envolvidos, as dificuldades dos alunos permanecem e vêm com frequência à tona. O próprio conceito de reacção química e a distinção entre transformação física e química não está ainda conceptualizada e quando são pedidos outros exemplos de reacções químicas onde intervém a luz, surgem: "o sol a evaporar a água" ou "uma lupa". Neste último caso, a professora também não exige clarificação das ideias, e rigor na comunicação delas, de modo a que os alunos se organizem conceptualmente de forma mais consistente.

A professora tem dificuldade em gerir o diálogo quando as intervenções dos alunos são efusivas. Embora os tente disciplinar, a situação traduz-se mais em "deixar falar" os alunos, numa ilusão de participação, tendo ela a última palavra, numa imagem de conhecimento autoritário. A propósito da exploração do exemplo da fotografia (descritivos de 22:00 a 42:00) passa mais do aspecto físico dos fenómenos associados a

esse aspecto que da análise da transformação química, que era o cerne da questão. Os alunos dizem o que lhes ocorre a tal propósito sem a ideia definida de qual é a questão que se está a analisar. Passam algumas incorrecções e principalmente um discurso flutuante, impreciso, sem objectivo definido. Daí a ocorrência de situações ocasionais de indisciplina a que a professora reage.

96/01/16

É a aula que se segue à aula laboratorial em que os alunos estiveram divididos. O que estes retêm é: "*a gente fez... com o oxigénio e com o hidrogénio*" e "*Nós não fizemos nada*". Em seguida é a professora que justifica a situação. Tinha sido "prometido" que se fariam os ensaios característicos de identificação do oxigénio e do hidrogénio e a professora, com antecedência, montara uma electrólise da água para obter quantidades adequadas dos dois gases. Uma vez que a intenção era obtê-los, quando os alunos entraram na aula, a electrólise já estava avançada. Mas a quantidade de gás obtida e a forma de recolha apenas permitiram o uso num dos turnos. Na aula do outro turno, e na sequência da aula teórica sobre o assunto, prepararam uma solução fotossensível, estudaram os seus efeitos por exposição à luz e ainda abordaram as transformações químicas por acção mecânica (os alunos deste turno disseram que não tinham feito nada!).

Na sequência deste episódio sobre o que tinha "sido dado" (a expressão, habitual, pode encerrar uma imagem empirista) vem "*mais um agente das transformações químicas*" e depois "*continuando. Ainda nos falta mais... ou pelo menos mais um...*", numa perspectiva em que o saber vai surgindo aos alunos em doses sequenciais, sem outro interesse que não seja o de estes acumularem saber canónico, bem estabelecido, aproblemático, com "ar" definitivo.

O tal assunto seguinte, para terminar o estudo dos factores que provocam reacções químicas, "o contacto", bem poderia ter sido o início do estudo da problemática das reacções químicas, se encarado nessa perspectiva. Ora, é indispensável a co-existência dos reagentes num espaço comum para que elas ocorram. Sendo assim, não se trata de

mais um factor, mas de uma exigência sempre presente nas outras situações estudadas e particularizadas. Além do mais, passa a ideia de que duas substâncias reagem melhor e mais rapidamente se o contacto for feito em solução. Se é favorecido, ou indispensável, nalgumas situações, não é genérico para ser tomado como tal.

No episódio em análise apercebemo-nos de uma confusão de base científica que a professora estabelece entre solução e estado líquido. Usa, e repete, indiscriminadamente os dois termos, a que correspondem entidades diferentes.

> *P- Ora bem, a Marta vai preparar... ela vai preparar uma solução... daqui a pouco... mais duas aulas, já vemos que quando juntamos duas substâncias para a transformação química elas reagem melhor, mais rapidamente, se elas estiverem em solução aquosa. Se se encontrarem no estado líquido... as substâncias no estado sólido o contacto entre elas é mais dificultado e portanto a reacção é mais lenta, certo? (.../...) preparar essa solução porque as duas substâncias, nitrato de chumbo e iodeto de potássio reagem mais facilmente se estiverem no estado líquido, se estiverem em solução.*

Na sequência da explicação que apresentara para o factor "contacto em solução", chama um aluno para realizar uma experiência (reacção da solução de nitrato de chumbo e da solução de iodeto de potássio), na mesma linha de lhe atribuir um papel confirmatório, talvez até apenas ilustrativo, uma vez que nesta situação não se dispensaria comparar com a situação com as substâncias no estado sólido! Mas o aluno realiza, com a professora, indicando todos os passos: o que o aluno faz é seguir uma receita, neste caso oral, para em seguida ir mostrar o produto final aos colegas. Ocorre alguma dificuldade em distinguir o tubo de ensaio contendo a solução de nitrato de chumbo do que contém a de iodeto de potássio. Não se marcaram previamente os tubos e gera-se alguma confusão entre os alunos. Valoriza-se a observação mas não podemos dizer que ela seja cuidada, planeada e que desenvolva nos alunos, de forma intencional, algumas atitudes e capacidades importantes.

A situação transforma-se num passo de mágica, pela ausência de previsão e de sentido teórico para a interpretação. As expressões dos alunos: *"A- Eh! Ah! A- Tão*

giro", são disso indicação, mais do que pela professora ter dito: *"Tã, tã, tantã. Vai haver aqui um passo de mágica."*.

Gera-se alguma confusão entre elemento, ião e substância elementar, que apesar de a professora tentar, não fica claro, e nestas situações, por vezes, acabam por sair reforçadas algumas concepções que permaneceram nos alunos:

> *A- Oh stora... agora temos iodeto de chumbo...*
>
> *P- Exactamente... o nitrato de chumbo é constituído por algo que contém nitrato e por algo que contém chumbo, não é? E o iodeto de potássio é a mesma coisa .*
>
> *A- O chumbo...*
>
> *P- O chumbo traz o quê? O que é que é o chumbo?*
>
> *A- É um metal.*
>
> *P- Ora portanto...*
>
> *A- É muito pesado.*
>
> *P- Mas aquele chumbo que ali está não é...*
>
> *A- Está combinado.*
>
> *P- Mas isso não é nitrato, é só chumbo. (21:00)*

À questão de um aluno "*Se juntar mais nitrato de chumbo fica mais amarelo?*", excelente oportunidade para discutir o assunto com base teórica, a professora, incentivando as questões dos alunos, responde com uma analogia interessante que parece resultar para a ideia da proporção de combinação dos reagentes:

> *A- Se se juntar mais nitrato de chumbo, fica mais amarelo? (27:00)*
>
> *P- Se juntar nitrato de chumbo ao iodeto de potássio... se juntarmos um deles?*
>
> *A- Sim.*
>
> *P- Ah... Se juntares excesso de um deles não se forma produto da reacção... um não está em excesso. Estás a perceber? Eles combinam-se os dois, não é? para se obter novos produtos, novas susbtâncias. Enquanto... enquanto tivermos pão e manteiga fazes sandes... mas quando se acabar o pão ficas com manteiga, é ou não é?... Só tenho dois pães...*
>
> *A- Como a manteiga!*
>
> *P- Mas já não come pão com manteiga...*

Em seguida surge ainda a ideia de quantidade e de concentração que a professora explora por recurso com a analogia de um certo número de bolas no mar ou na piscina: *"Tu tens dez bolas vermelhas e tens.:. se tu puseres essas bolas vermelhas dentro de uma piscina ou no mar, certo?"* Tendo sido interessantes as transposições analógicas feitas, "fomentando um estilo menos rígido e mais expressivo no ensino" (Cachapuz 1989a) pela professora, o resultado pode não ter sido o melhor, pelo débito elevado de palavras da professora e pela falta de quadro teórico no qual a analogia é pertinente, que impede uma boa compreensão e uma boa utilização. Imediatamente após este aspecto um aluno pergunta: *"Oh stôra e se juntássemos nitrato de potássio com iodeto de chumbo?"* ao que a professora, responde apenas: "*fica assim*", mostrando o tubo de ensaio que contém os produtos da reacção efectuada. Não clarifica a questão do aluno e ignora a CA da existência de reagente principal.

Uma boa situação problema surgida na aula é identificada quando a professora pergunta aos alunos "*como é que eu vou separar da água o iodeto de chumbo, do nitrato de potássio?*". Os alunos ensaiam tentativas para resolver o problema mas a situação evolui, acabando a professora por dizer: "*E agora sou eu a falar*". Os alunos perdem o seu entusiasmo inicial e surgem episódios reveladores de desinteresse. Tendo chamado a atenção aos alunos, a professora segue com a sua explicação. E posta de parte "a hipótese" de decantar, sem justificação, a professora propõe a utilização da centrifugação, também sem esclarecer o fundamento da própria técnica:

> *P- Vão-me responder como é que eu vou separar da água o iodeto de chumbo, do nitrato de potássio?*
> *A- Passamos por um filtro.*
> *P- Passamos por um filtro. É uma solução quê?*
> *A- Aquosa.*
> *P- É uma solução...*
> *A- Não.*
> *P- É?*
> *A- É uma mistura.*
> *P- Mas é uma mistura?*

A- Em duas fases.

P- É uma mistura heterogénea. Tem duas fases. A mistura... Se a mistura é heterogénea... a Fátima disse e muito bem, que eu podia... Mas também tenho outra técnica.

A- Decantação.

P- Decantação, também servia... mas para decantar eu precisava que o sólido estivesse no fundo, no fundo. Então e como é que eu vou pôr o sólido no fundo do copo, diz lá.

A- Cristalizá-lo.

P- Podia cristalizá-lo... E agora sou eu a falar... (.../...) Posso filtrar... temos a hipótese de decantar... mas para decantar precisava de ter... Ora bem, eu tenho ali um aparelho que serve para separar... também é uma mistura heterogénea. Para homogénea parece... Ora então, para separar, tenho uma centrifugadora que consegue fazer com que o sólido se deposite no fundo do tubo e o líquido fique em cima... (39:00)

Os alunos, como habitualmente, oferecem-se para "executar" a operação.

A redução à perspectiva operativa sobressai da forma como é conduzida a situação, limitada à execução. A valorização da observação é indicada pela forma como se passa o tubo pelos alunos sem outra indicação que não seja "a de verem" o pó amarelo no fundo do tubo de ensaio.

96/01/18

Sumário: "Conclusão do tema em estudo (Transformações químicas por adição de duas substâncias). Estudo das reacções de combustão".

A professora, com a expressão que lhe é habitual "*deixem-me falar a mim*", faz a síntese do assunto tratado nas aulas anteriores, dando a respectiva importância ao processo:

P- Temos vindo a discutir, temos vindo a ver transformações químicas e agentes químicos. (...) Os agentes que provocam as transformações químicas foram vários os estudados... o agente calor... a electricidade... outro?...

A- A fricção.

P- A fricção, como é que se chamava?

A- Acção mecânica.

P- Acção mecânica, não é? E agora, finalmente por junção de duas ou mais substâncias que ao entrarem em contacto dão origem a novas substâncias.

Por um lado são dois os aspectos apontados: discutir e ver. O primeiro termo já nos apercebemos que significa descrever, referir, porquanto de discussão, em que pontos de vista diferentes são tidos em consideração, nada tem. O segundo termo é adequado à postura epistemológica de valorização do papel da observação. Em relação ao mesmo episódio há ainda a referir a questão científica, relativa a aspectos termodinâmicos e cinéticos, que de algum modo se prende com a ausência de consistência epistemológica. A estes aspectos junta-se a ausência de considerações teóricas, que não permitiriam considerar, tal como referido, "a junção de duas ou mais substâncias", como factor. Tal situação parece-nos reveladora de falta de consistência teórica, pois envolve a própria clarificação do conceito de reacção química.

Na sequência do episódio analisado ressalta uma imagem do trabalho dos químicos: *"Vocês o que estão mais habituados a ver quando os cientistas estão a trabalhar... misturarem várias substâncias e obterem outras substâncias diferentes*", indiciadora de uma perspectiva empirista, mais próxima da ideia de senso comum sobre o trabalho no laboratório de química, feito de misturas ocasionais que podem resultar em novos produtos. Tal imagem tem paralelo no processo pedagógico, pela imagem que o aluno retém: *"P- Que transformação química é que nós fizémos na última aula?* (...) A- *Misturámos o nitrato de chumbo e o iodeto de potássio*".

Nesta aula volta de novo a confusão entre estado líquido e solução.

A forma como a professora inicia o estudo das reacções de combustão é indiciador de uma perspectiva de saber estático, definitivo, dogmatizado, ingénuo. Trata-se de uma classificação das reacções químicas que tem em conta que um dos reagentes é sempre o oxigénio. Tratando-se de um assunto com um envolvimento histórico considerável, envolto em polémica controvérsia, cujo conceito tem sido alterado ao longo do tempo como poucos, em que o seu estudo num determinado contexto da História da Química

se mostrou dos mais revolucionários, contribuindo para mudanças conceptuais profundas na Química, num invulgar envolvimento humano, social e tecnológico, a imagem simplista da abordagem feita traduz uma visão de ciência de saberes estáticos, apolémicos e ahistóricos.

Rapidamente os alunos se afastam da situação central em estudo uma vez que para eles a situação não está clarificada e os objectivos do que perseguem não foram apontados. Vai-se avançando, cumulativamente, na ausência de consideração de uma situação problemática e de questionamento. Apesar de a professora se mostrar exigente com a questão da disciplina e ordem na sala de aula, as situações de desinteresse dos alunos, com algumas alterações de comportamento, repetem-se durante a aula.

Embora já afastadas do tema central, questões relacionadas com o ambiente, que se vão tornando habituais com esta professora, surgem com frequência (por exemplo a referência à degradação patrimonial e as chuvas ácidas (13:00), ou mais à frente a questão da extinção dos fogos florestais por processos tecnológicos (24:00)). Mas, por que são ocasionais, são deixadas cair, e com a igualmente habitual expressão *"Continuando, estava eu... estávamos nós a falar das transformações químicas em que um dos reagentes era o oxigénio e que nós chamávamos reacções de combustão"*, a professora retoma a definição de reacção de combustão, prosseguindo numa descrição algo desarticulada, até à consideração de que *"são genericamente reacções que libertam energia"*.

A pergunta de um aluno: *"O comburente é sempre a mesma quantidade do combustível?"*, a que a professora responde de forma evasiva e adiando linearmente para o futuro estudo da constituição da matéria, é indicador de falta de compreensão.

Após a explanação do assunto, de tal modo que o que ficou foi a definição de combustão, a professora realiza experiências, essencialmente com função ilustrativa. *"Ora então o que eu vou fazer aqui na aula é fazer a combustão do magnésio. Ora então eu vou buscar os instrumentos para..."*. Os alunos entusiasmam-se, cantam os parabéns. A professora, no final da aula, queima mais um pouco de fita de magnésio. Embora não separada, neste caso, a aula teórica da aula prática, desenvolve-se o assunto

com base em factos e algoritmiza-se em seguida; do aspecto conceptual não resta nada: *"P- O que viram foi a combustão do magnésio. Como podem constatar houve aqui um fumo que é o óxido de magnésio... (...) E vamos escrever aqui as equações".*

96/01/29

Trata-se de uma aula desenvolvida num espaço diferente do habitual: é uma sala ampla, com um retroprojector. Os alunos estão sentados em cadeiras de braço. A professora criou um ambiente de "Conferência" em que os "Cientistas" estavam reunidos para "comunicar trabalho de investigação". Passa, por termos variados, apropriados, uma imagem sobre a comunidade científica e o seu papel na comunicação do trabalho de investigação. Os alunos estão entusiasmados e prepararam os materiais para a apresentação pública. É todo um envolvente recriado para a situação. Não há referência explícita ao paralelo que é possível estabelecer entre a comunidade científica e aquela situação pedagógica, mas o uso de termos habituais no meio científico, contribuiu para um melhor conhecimento por parte dos alunos do envolvente físico dos cientistas no seio da comunidade científica.

Quanto às "comunicações" apresentadas, referiam-se ao trabalho desenvolvido na aula prática anterior (de que não dispomos videogravação). A forma de apresentação das "comunicações" deixa ver, à *posteriori*, um processo sequencial, seguindo receita fornecida. Na apresentação assiste-se a uma sequência de passos, em que num acetato se encontra: "Material, objectivo, procedimento e conclusão", e noutro: "Modo de proceder, esquema de montagem, conclusão, equação química". Ocorrem algumas questões, principalmente de âmbito operativo. No acetato de um dos grupos pode ler-se em "nota" o seguinte: "o hidróxido de sódio teve de ser aquecido porque não se dissolvia" e os alunos fizeram alusão ao aspecto.

Foi uma tentativa de recriar o ambiente de comunicação de resultados. Faltou a polémica, a discussão, os pontos de vista em oposição que podiam ter sido representados pelas próprias ideias dos alunos e pela professora. Traduziu a forma de trabalho da aula

prática, de reprodução de saber estabelecido em que a experiência ocupa um lugar central, isenta de questionamento e de hipótese condutora.

96/02/09

Passaram alguns dias sem que a professora videogravasse as aulas. Apercebemo-nos que tratou aspectos sobre a constituição da matéria e a teoria cinético-corpuscular. Faz, agora, uma síntese de aspectos referentes às reacções químicas, mas a confusão acerca dos agentes que as provocam, já anteriormente detectada, volta a estar presente. Não há distinção entre critérios cinéticos e critérios termodinâmicos, uma vez que se trata de igual forma a decomposição do óxido de mercúrio (reacção endotérmica) e a detonação da dinamite (existência de barreira de activação baixa/reacção altamente exotérmica) ou até a consideração de um agente/factor para *"aquela em que bastava juntar duas substâncias e elas, por contacto, transformavam-se quimicamente"*. Não são apresentados nem discutidos critérios teóricos, mas tão só há um fundamento observável que funciona como critério. A teoria, longe de ter um papel activo, não está sequer presente.

Em relação às reacções de combustão, que são recordadas, é ainda o aspecto factual, fenomenológico, que sobressai: São reacções que *"têm sempre como reagente o oxigénio"*. Em seguida é particularizado para o exemplo da combustão do magnésio no ar (mas referindo que o ar contém oxigénio), sobressaindo o que foi feito e observado. Neste caso foi referida a existência de uma barreira que se vence com a chama inicial mas que a reacção depois ocorre naturalmente e liberta muita energia. Na aula em que fora tratado o assunto pela primeira vez, além da definição ficara o aspecto meramente ilustrativo. Nesta aula a professora perdeu, na retórica, o aspecto importante relativo às reacções de combustão, que é o seu carácter expontâneo, com a existência, quase sempre, de uma barreira energética inicial a vencer e o estudo da forma como evoluem. Regista-se a ausência de um tratamento histórico e do grande impacto tecnológico e ambiental que acompanha estas reacções e cuja consideração tornaria o assunto mais significativo.

Nesta aula o assunto agendado é o "estudo da lei da conservação da massa". Segue-se uma estratégia em tudo semelhante a anteriores situações, centrada na explicação transmissiva da professora e na ilustração por uma experiência a realizar com a colaboração de algum aluno.

Esse carácter orientador, de forma fechada e linear, é por exemplo evidenciado pelo discurso que se segue:

> *P- E agora? O que é que eu vou propor ao Tiago que vá fazer? Tenho ali uma balança e agora vamos testar uma coisa: se há alguma transformação na massa durante a transformação química. E para isso... Nós temos que medir a massa dos reagentes, nós podemos... para ver se há alguma alteração ou não. Para medir... usa-se uma balança. Mas então o que nós temos que fazer é, ao fazer a reacção num sistema fechado porque imaginem que um dos produtos que se liberta... se estivesse aberto o que acontecia é que o gás se libertava para o exterior e portanto não estava a medir a massa do gás...*

Camuflado pelo termo "testar" e pela questão "*se há alguma transformação na massa durante a reacção química*", está uma imagem de passividade dos dados e um percurso dirigido da observação de factos para a teoria. É uma situação em que o papel do aluno que colabora é de mero executante e o dos restantes, de espectadores. Não há problematização nem participação activa dos alunos. Não foi com base em qualquer questão que se avançou por um planeamento experimental. Não houve previsões nem hipóteses orientadoras. O que podia ter sido uma situação-problema, relativamente ao sistema aberto ou fechado, foi apresentado, em definitivo, pela professora. Outra questão surgida, mais de ordem técnica, foi a de medir a massa dos produtos de reacção "*sem perder nem um naco*", mas a que igualmente a professora deu saída.

O assunto foi tratado de forma completamente aproblemática, como um saber positivamente estabelecido em definitivo. Os alunos manifestam dificuldades, que nos parecem legítimas quando não puderam fazer as suas previsões e em que não participaram no planeamento experimental. Veja-se, nessa ideia, a intervenção do aluno, após a da professora:

P-Como eu só quero comparar massas...

A- Stôra, mas depois ao meio da reacção deve variar um bocadinho.

P- Oh, Pedro, não... eu vou...

A- Sim.

P- Olha, raciocina comigo (...).

A professora acaba por lhe dar a sua versão, a definitiva e inquestionável que, de forma que considera lógica, pretende que os alunos, por um raciocínio silogístico, compreendam (ou aceitem). Vai, no decurso da realização da experiência, facilitando a observação e a constatação de factos e descrevendo a situação operativa. Por fim, e repetindo-se a ideia ao longo da aula, numa imagem de que a observação produz conhecimento: "*Como viram, a massa dos produtos é igual à massa dos reagentes*", para em seguida passarem à escrita da equação química que traduz a reacção e que se torna a parte central da aula e do que há a reter sobre o assunto. A experiência ficou para trás, reduzida a isso mesmo. A consideração da participação de substâncias gasosas na reacção não é colocada nem questionada, sabendo-se ser este um aspecto problemático na compreensão do conceito de conservação da massa nas reacções químicas.

De tal modo a observação é um aspecto valorizado, isoladamente, na aquisição do saber, que assistimos a um episódio em que a professora mobiliza conhecimento como se de verdade absoluta se tratasse, numa representação dogmática do mundo real:

P- Olhando atentamente para aqui (equação da reacção química realizada)... o que é que vocês viram foi que os átomos se recombinaram... originaram substâncias novas mas não deram origem a átomos diferentes. E é assim que acontece: quando se dá uma transformação química apenas os átomos se recombinam de modo diferente, mas não dão origem a átomos novos, se não a gente pegava um calhauzinho, fazia uma transformação química e transformávamos o calhau em ouro, era bestial e...

Apesar da clareza do conceito, para este nível, de conservação dos átomos numa reacção e a sua implicação para o acerto de equações de reacções químicas, na sequência do episódio anterior a referência aos alquimistas e à transformação "*do calhau em ouro*"

deixa passar uma imagem deturpada da posição ocupada e do valor da alquimia, no contexto da História da Química.

Após a análise, centrada no sensorial e no descritivo, da experiência realizada, entra-se no tratamento algorítmico e a este aspecto parece ter ficado reduzida a questão da conservação da massa nas reacções químicas que a História da Ciência, associou, por algum motivo, ao nome de Lavoisier.

A História da Ciência, que neste assunto da conservação da massa nas reacções químicas é rica em episódios que dão conta de inúmeros aspectos do trabalho científico, na vertente humana, social, técnica, etc., evidenciadores de controvérsia e não linearidade na criação do conhecimento científico, esteve completamente ausente.

96/02/10

A professora retoma o assunto da aula anterior referindo que iam *"a meio da equação química daquela experiência"* numa atitude valorizadora da experiência tomando a parte pelo todo, e a realidade pelo estudo que dela se faz. Para situar no assunto um aluno que faltara é a professora que faz a síntese referindo-se à experiência, como central, que descreve, dando relevo ao aspecto sequencial e operativo, factual, descrevendo a aula:

> *P- Sabes aquela experiência que se mistura dois... e depois dá uma cor amarela, nós já fizemos outra vez. Misturámos o iodeto de potássio (...) mas nós fizemos essa experiência (...) de uma maneira (...) o nosso objectivo era ver se a massa dos reagentes antes de reagirem, era igual à massa dos produtos de reacção, depois de reagirem. Era o nossso objectivo. Para isso precisávamos, precisávamos de medir a massa dos reagentes... e medir a massa dos reagentes... e dos produtos!, depois da reacção. Mas tivemos que fazer a reacção num sistema fechado, porque imaginem que se libertava um gás, saía para o exterior e não se via. De tal maneira que eu... (...)*

Sobressai, na sequência deste episódio o papel virificacionista igualmente atribuído à experiência:

> *E o que é que eu verifiquei? Verifiquei que a massa antes da reacção é exactamente igual à massa depois da reacção. Não houve alteração. Isto porque... concluímos que*

> *quando se dá uma transformação química... o número de átomos e o tipo de átomos não se altera, porque os átomos de um determinado elemento, se estão lá... são exactamente... certo? Ora por isso é que a massa se mantém, não é?*

Tal como referimos na análise da aula anterior, acabou por encaminhar o assunto para a escrita da equação da reacção química para prosseguir a lição no sentido em que a deixara orientada.

Na leitura da equação escrita no quadro, aspecto central da aula, sem referência teórica actualizada, utiliza o termo "corpúsculo", de uma forma valorizadora do produto a reproduzir pelos alunos: *"eu posso lê-la da seguinte maneira: dois corpúsculos de..."* e "*ouçam lá, que eu vou ler*".

Passando por uma situação "de imaginar" (significa prever?) o que se passaria: *"se em vez de dois corpúsculos de iodeto de potássio... tivesse três corpúsculos de iodeto de potássio... quanto é que eu precisava de pôr de nitrato de chumbo para que o iodeto de patássio reagisse totalmente?*", embora pergunte ao aluno que respondera, *"como é que chegaste a essa conclusão?*", é a professora que explica e dá a saída linear e algorítmica à questão, ignorando o sentido conceptual: *"Como viram isto agora é matemática (...) se eu escrever só os números...".*

A partir daí entra-se no treino, útil sem dúvida para quem tivesse por detrás um suporte teórico forte para o conceito de conservação da massa e de proporção de combinação.

96/02/11

Na terceira aula "sobre a conservação da massa" após a escrita do sumário "acerto de equações químicas: exercícios" parte-se para *"praticar o acerto de equações químicas de modo a que obedeçam à lei da conservação da massa"*. Há, nesta forma de encarar a lei da conservação da massa uma certa postura realista ingénua, em que a lei é um saber estabelecido por leitura directa do livro aberto que é a natureza. Tal expressão repete-se quando se inicia a resolução de mais um exercício. A lei identifica-se aqui com

a própria realidade, e não com uma interpretação dela, com um conjunto de princípios que lhe conferem suporte teórico.

É essencialmente a professora quem fala. Os alunos, embora participem na resolução dos exercícios propostos, têm pouco tempo para falar e para organizar as respostas. Nalgumas situações são notórias as suas intervenções com base em palpites.

Nesta aula surgiu uma boa oportunidade para uma discussão interessante alimentada pelas ideias dos alunos e simultaneamente uma boa oportunidade para a referência à questão histórica, quando, após a professora ter enunciado a lei da conservação da massa (nunca foi referida com o nome de lei de Lavoisier) a propósito da resolução de um exercício, um aluno diz: "*Num sistema fechado!*". A professora esclarece de imediato a questão que poderia ter originado uma boa discussão. Mesmo não tendo a abordagem histórica constituído a estratégia principal da aula seria uma boa oportunidade para referir a questão das dificuldades e controvérsias que animaram a comunidade científica ao tempo de Lavoisier.

4.2.2. Perfil Epistemológico

I - Metodologia Científica

A- Pluralismo Metodológico

É a professora que determina o quê e como se fará, numa perspectiva linear de transmissão do saber acabado do professor para os alunos. Por vezes deixa transparecer uma intenção problematizadora em que se anteveria um percurso de aproximação a uma metodologia de trabalho científico mais consistente. A questão problematizadora acaba por ser esquecida e abandonada, e sobressai a linearidade dos percursos propostos. O pluralismo metodológico está ausente.

As aulas, em geral, são conduzidas com base num plano definido, onde surgem exemplos eventualmente ocasionais. O plano não é conhecido dos alunos que assim vão andando ao sabor das solicitações e indicações da professora, sem terem uma questão

para dar resposta, pela qual estejam interessados e com a qual venham a obter conhecimento novo e significativo, epistemologicamente consistente.

Remete a orientação do trabalho prático para o manual escolar, em página definida, para que os alunos o sigam. São indicados todos os passos de forma sequencial e definida. Não são clarificadas as razões da escolha dos procedimentos metodológicos nem fomentados percursos alternativos.

O Relatório é exigido. Traduz, contudo, uma imagem de trabalho experimental como uma sequência ordenada de passos, relevando o aspecto sequencial operativo. Tem sobretudo valor instrumental. A situação que o relatório exige, longe de se tratar de um processo orientado a partir de uma questão problema, encerra antes uma visão fechada, exibida de forma meramente descritiva.

B- Relação Teoria/Observação/Experimentação

A experiência é encarada de forma central e ilustrativa. O trabalho experimental a ela se resume possibilitando observação de dados passivos, que permitem constatar factos. Tem o papel de ilustração da matéria já abordada sem que ocorra articulação com o aspecto teórico. Valoriza-se um saber factual obtido e garantido pela informação proveniente dos dados observacionais.

Há incidência no termo "ver", importância dada ao produto final, aspecto a reter com a realização da experiência, como se desta, de forma linear, se pudesse obter conhecimento, num posicionamento de pendor empirista.

Uma certa dose de ocasionalidade reforça a ideia de dados passivos à mercê de quem neles repare. Contudo, a observação, apesar de valorizada, não é preparada com base num planeamento cuidado e fundamentado. A ausência de previsão e de sentido teórico para a interpretação conduzem a uma perspectiva operativa reducionista. A hipótese é uma entidade ausente.

Faz algumas transposições analógicas interessantes, mas com falta de quadro teórico e de explicitação das suas limitações.

Aulas teóricas e práticas nem sempre separadas, mas nesses casos ressalta o papel ilustrativo para a experiência. Desenvolve-se o assunto com base na observação de factos e algoritmiza-se, se possível. Falta consistência sobre o valor epistemológico do papel da teoria.

II- Dinâmica da Construção do Conhecimento

C- Contexto e Estrutura da Descoberta

A informação é debitada de forma linear e aproblemática. Há uma imagem de saber em definitivo, valor atribuído ao conhecimento feito de definições que em conjunto constituem uma série de produtos, corpo de saber factual da ciência.

O saber parece estático e cumulativista, sem estrutura para a descoberta. Vai surgindo dogmatizado, inocente e aproblemático, com ar definitivo e ahistórico. Eventualmente uma certa dose de ocasionalidade para a descoberta.

Mesmo quando o assunto em estudo encerra um envolvimento histórico considerável, de polémica controvérsia, mostrando-se dos mais revolucionários e contribuindo para mudanças conceptuais profundas na Química, num envolvente humano, social e tecnológico invulgares, é omitida qualquer referência à História da Ciência (não há qualquer referência a Lavoisier no tratamento da questão da conservação da massa ou no estudo das combustões).

Numa referência ocasional à Alquimia, revela fraco domínio da História da Ciência.

D- Dinâmica Erro/Verdade

Esforça-se por obter dos alunos a resposta "considerada correcta" que surgiria, em particular, da observação da experiência. Quando acontece um aluno dar respostas "erradas" a professora contorna a situação e avança para a resposta apresentada de uma forma inquestionável, talvez mesmo dogmática.

Assistimos a uma situação que podemos considerar de aceitação de erros em situação experimental, não podendo inferir que se faz uma exploração intencional do

erro, valorizando-o epistemologicamente, isto é, como elemento constitutivo do pensamento.

A professora parece não ter consciência da existência de CA no pensamento dos alunos.

Há uma situação valorizadora do erro de resultados de experiência (termólise do óxido de mercúrio...). Essa devia ter sido a situação a explorar no Relatório, tal não aconteceu... mas na aula de apresentação houve uma tentativa de compreender a situação e não de a ignorar ou omitir. A explicação foi avançada pela professora.

Não se apercebe da natureza das CAs dos alunos.

Assume uma postura que consideramos realista ingénua, em que a lei científica parece ter um estatuto de verdade estabelecida por leitura directa do livro aberto que é a natureza. Não há ênfase nas limitações, erros e dúvidas que são inerentes a toda a actividade humana.

III - Face Humana e Social da Ciência

E- Imagem dos Cientistas e Papel da Comunidade Científica

Refere com frequência o termo "cientista", "químico", num indicador de proximidade e familiaridade, aspecto a que é muito sensível.

Usa o termo cientista, no feminino (*nome da cientista*), tradutor de uma imagem de cientista acessível, deixando transparecer um incentivo a carreiras científicas para os seus alunos, e de alguma forma atribuindo uma certa face humana aos trabalhadores da ciência.

A imagem do químico misturando substâncias é a do senso comum, imagem com paralelo no processo pedagógico.

Criou um ambiente de "Conferência", em que os "cientistas" estavam reunidos para "comunicar trabalho de investigação", numa aproximação ao envolvimento físico da comunidade científica. O papel que atribui é afastado do clima de controvérsia e discussão; Faltou o envolvente humano de componentes social, psicológica, etc.

Referência abundante a termos do meio social dos cientistas: comunicação, conferência, cientista convidado, comunidade internacional... As comunicações referiam-se ao trabalho prático desenvolvido na aula anterior, deixando transparecer um processo sequencial, seguindo receita fornecida. Faltou a polémica, a discussão, os pontos de vista em confronto que podiam ser representados pelas próprias ideias dos alunos e pela professora.

Foi promovida a oportunidade para os alunos exprimirem as suas ideias. Não houve, deliberadamente incentivo para tal procedimento. Faltou ainda o incentivo ao uso de rigor e de linguagem adequada ao propósito de comunicar.

Sobressai uma imagem da Ciência com face humana, valorizando o trabalho científico, sem passar a ideia da visão gloriosa e heróica dos cientistas.

F- Relação/Interdependência Ciência, Sociedade e Tecnologia

A professora é muito sensível e recorre com muita frequência a exemplos da Química na sua relação com as questões quotidianas, sociais e tecnológicas. Em relação aos exemplos aportados pelos alunos não explora convenientemente, com consistência epistemológica.

Não implementa deliberadamente estratégias CTS. É sensível a aspectos ambientais ou tecnológico mas não são estas as questões centrais à volta das quais se discutem problemas e se organizam estratégias de ensino. Têm principalmente sentido ilustrativo.

Igualmente muito sensível à questão da segurança no laboratório, usa bata, os seus alunos usam alguns objectos de protecção e são alertados para os perigos das substâncias com que trabalham.

O sentido com que são abordadas as questões tecnológicas e ambientais dirige-se da Ciência para tais temáticas, aparentando uma valorização da implicação da Ciência nesses aspectos (papel principal para a Ciência). Não são discutidas as complexas relações e interdependências (nomeadamente as ambientais e as éticas) da Ciência com a Tecnologia e a Sociedade.

4.3. Professora B

4.3.1. Análise da Prática de Ensino

96/01/10

Na primeira aula da sequência videogravada a turma encontra-se desdobrada. Tais aulas, chamadas "de turno", destinam-se, de acordo com a professora, a aula prática. Está presente apenas metade do número de alunos, enquanto a outra parte da turma tem aula de Biologia. No tempo lectivo seguinte alteram a disciplina.

Os alunos estão sentados em carteiras dispostas em filas.

O sumário ditado no início é: "A electrólise do cloreto de cobre II como demonstrativo da existência de iões".

De salientar o aparato montado pela professora para efectuar a demonstração: a experiência é realizada sobre uma cadeira sobre a secretária. Poderá pensar-se neste pormenor como um indicador da valorização da observação; bastaria "ver" com atenção para aprender. Trata-se de uma demonstração cuja intenção é que os alunos "observem" o que se passa. Atribuímos-lhe um carácter ilustrativo.

Não há problematização. A situação é desencadeada de imediato pela professora que inicia impondo a elaboração de um relatório como trabalho de casa. O facto de o trabalho prático se apresentar na modalidade de demonstração realizada pela professora, tal não seria impeditivo da apresentação de uma situação problemática que envolvesse os alunos, de previsões que poderiam ser feitas e que estes, no decorrer da demonstração, poderiam ir controlando. Talvez se depreenda que o trabalho experimental é para ilustrar as aulas, a "matéria tratada". Deve ser feito, mas não é fundamental, depreende-se pela atitude da professora: *"Aqui temos que fazer rápido porque vai demorar um bocadinho. E enquanto vai decorrer a experiência nós vamos orientando o trabalho de casa"*. Fica também a ideia de importância atribuída ao produto final, ao corpo de conhecimentos e ao processo transformado em ilustração.

A professora parece interessar-se muito pelo relatório, mas temos dúvidas de que o valoriza como elemento de trabalho dos alunos, pessoal, contendo discussão... O relatório e a importância que lhe é atribuída espelha a importância dada ao trabalho experimental pela professora: tem que ser feito! Orienta demasiado o relatório, que deve, no seu entender, conter passos definidos. Vai ditando esses passos e praticamente o conteúdo relativamente ao "preenchimento" do relatório, de forma sequencial. Por exemplo, é "obrigatório" colocar "uma introdução teórica" cujo significado se mantém não esclarecido para os alunos. A intensa orientação do percurso, o que tira o significado de aula prática, pode deixar a ideia de se seguir um método sequencial, linear, único útil para obter conhecimento a partir do trabalho experimental. Repare-se no seguinte diálogo:

P- (...) enquanto vai decorrer a experiência nós vamos orientando o trabalho de casa.

A- E se fosse dizendo o material?

P- É isso que eu estou a tentar. Por ordem. Bom, pois é assim. Vocês sabem quais são os parâmetros do relatório e em primeiro lugar...

A- É o objectivo.

P- É o objectivo. E no sumário, como é que nós escrevemos? O que é que está no sumário?

A- Electrólise do cloreto de cobre dois... (barulho)

P- O que é que está no sumário?

A- Electrólise do cloreto de cobre (sobrepostos)

P- (...) como demonstrativo da existência de iões. Qual será o objectivo deste trabalho?... Demonstrar a existência de...

(5:30) A- De iões.

A- No cloreto de cobre .

P- Diga... Vão fazer o quê?... A seguir o quê?

A- Stôra?... Demonstração?...

P- Eu não estou a ditar. Ah! Olha... Pedro, desculpa lá... Tu estás aí mais perto da porta... chama lá o sr H (professora bate na porta)

A- Estava aí (abre a porta) (6:00)

A- Demonstração da existência?...

> *P- (...) vocês começam por escrever o objectivo, objectivo do relatório, do trabalho... e qual é o objectivo do trabalho? (...) será demonstrar a existência de iões no cloreto de cobre dois (...) A seguir o que é que vocês precisam?*
> *A- Material.*
> *P- Material?... Discussão teórica... O que é que se deve meter na introdução... O primeiro objectivo é demonstrar a existência de iões na solução de cloreto de cobre. O que é que nós, sumariamente, temos que explicar no relatório?*

e segue de forma semelhante, sempre a professora conduzindo no mínimo pormenor, sem deixar para os alunos qualquer envolvimento, decisão, etc., na organização do trabalho e do relatório (que se pretendia que fosse do trabalho e realizado pelos alunos em casa).

Talvez a inferência que possa ser feita é que a professora tenta, guiando desta forma cerrada, evitar "erros" no percurso dos alunos. Se o relatório se destinava a ser feito em casa e para posterior "discussão" não parece fazer sentido a exaustão com que é indicado o percurso e o próprio conteúdo do relatório, em detrimento de autonomia, de problematização, de mobilização de conhecimentos pelos alunos, de reflexão, de questionamento. Veja-se, por exemplo, a situação em que a professora diz:

> *(9:00) Vocês sabem que um dos reagentes é o cloreto de cobre, não é? (escreve no quadro) (...) Se quiserem logo à partida... na introdução teórica podem pôr já as equações químicas da decomposição do cloreto de cobre. Como é que é? Vamos... Para vocês fazerem em casa. Eu só vou dizer aqui quais são os símbolos dos iões que é para vocês não se baralharem. Qual é o ião cloreto? Qual é o símbolo dele?*

A situação pode ser entendida como um evitar (prevenir) o erro, tanto mais que os alunos, como será referido no contexto de outras aulas posteriores, têm uma tabela de iões.

Transparece uma metodologia linear, a usar sempre, mas que se revela afinal inexistente, pois da aula que pretende ser prática, resta a realização apressada da experiência pela professora, e envolta em alguma confusão, e o relatório de passos

rígidos, praticamente ditado e a ser "preenchido" em casa, afastado de uma situação de trabalho experimental enriquecedora para os alunos.

A insistência da professora na expressão "demonstração da existência de iões" (que fica registado no sumário da aula) encerra uma imagem de realismo ingénuo. É desligado de qualquer teoria de suporte e pode considerar-se que aguenta a ideia de "observação" da "realidade tal qual é".

O termo "discutir" que a professora usa com alguma regularidade para se referir ao relatório, não nos parece ter o significado habitual, mas sim o de apresentar, ler, ou outro afim.

A orientação é tão cerrada que os próprios alunos concluem que "*já podem concluir o relatório*" sem terem sequer iniciado a actividade experimental: "A- *Também já podemos fazer: dá...*".

Os alunos não estão por dentro da nomenclatura da Química, que em termos programáticos já fora dada. Revelam muitas dificuldades que a professora pretende contornar, conduzindo a escrita das equações das reacções químicas.

A valorização da experiência/observação pode igualmente ser inferida pela ocorrência de situações em que a professora parece ignorar tudo o resto para se centrar nesse aspecto principalmente técnico, operativo... que pelo simples facto de se realizar uma experiência na sala de aula e ocorrer observação, os alunos deveriam aprender. Parece ser por esse motivo que se continua no mesmo ambiente descritivo, com vista ao Relatório entendido como lista, sem explicar a função... fazendo prever que em qualquer posterior situação prática se teria de repetir sempre a indicação, pelo professor, do material a usar, de forma estereotipada (gerador-pilha /copo-erlenmeyer).

> *(15:00) P- Então vamos começar (A professora dirige-se ao aparato que já tinha montado sobre a cadeira) O que é que querem saber? Sou eu que tenho que dizer?*
> *A- Material?*
> *P- Eu tenho aqui... Oh meninos... Olhai... isto é um gerador... Vocês vão pôr no vosso relatório, uma pilha...*
> *A- Embora isto não seja uma pilha.*

P- Dois eléctrodos, duas placas de grafite, uma espátula, um copo.

A- Um copo?

P- Sim... Podem pôr um balão de erlenmeyer... que eu já vou explicar.

Para os alunos o conhecimento parece surgir de forma não problemática, desenraizado do contexto e, afinal, também não útil nem interessante...

A importância e utilidade de tal conhecimento para os alunos provém, aparentemente tão só, da necessidade de o usar em situação de avaliação.

A ideia de que para a professora parece, em termos metodológicos, existir um método único vem, por exemplo, da situação *"Isto parece mesmo a receita de culinária"* (20:00), com a explicação dos passos operativos. A ideia da valorização da experiência, reforçando um sentido operativo e uma intenção ilustrativa é vincada na situação em que a professora faz assemelhar por um lado ao desenrolar de uma receita de culinária, e por outro, a um espectáculo de magia: *"Nos espectáculos de magia não há sempre a assistente?"*.

Ocorre um incidente (curto-circuito) quando a professora liga a ficha do transformador à corrente eléctrica. Como provoca algum fumo e se ouviu um "estalido", tal é motivo de riso para os alunos. A professora aponta a possibilidade de o referirem no relatório mas sem grande ênfase; não incentiva como problema ou questão que pode ser explorada no sentido da segurança. A ideia de evitar o erro provém mais uma vez do facto de a professora sobrevalorizar a condução operativa rigorosa da experiência, perturbando-se com a ocorrência de qualquer incidente e "prometendo" voltar a realizar a experiência "sem incidentes" na aula prática do outro turno.

Os alunos brincam e aproveitam praticamente apenas o aspecto lúdico do trabalho. Não terá sido explícito e claro para eles a sua importância e intenção e vêem nele, eventualmente, a vantagem de tornar menos monótona a aula. Não havia uma questão inicial que os interessasse nem uma implicação no trabalho experimental. Ocorre barulho durante a aula, derivado da falta de atenção e de motivação dos alunos para a tarefa. Perguntamos qual a importância da realização do trabalho prático em termos de

contributo para a aprendizagem de ciências de forma activa e significativa, com sentido de educação científica?

Durante o funcionamento da experiência não se voltou mais a qualquer questão sobre o assunto, tendo o aspecto operativo dominado em exclusivo. Tudo tinha sido "ditado" antes, num tempo a isso destinado, para ser incluído no relatório a fazer em casa. Apesar de muita referência à observação não podemos sequer dizer que esta foi importante no decurso da experiência e explorada pela professora. A confusão circundante não permite atingir os objectivos de uma observação atenta e cuidada.

Não houve conclusões tiradas, nem discussão, nem questionamento, nem confronto com aspectos teóricos.

A observação foi o aspecto do trabalho experimental mais valorizado, pelas atitudes e palavras da professora que assim faz passar também para os alunos a imagem da sua centralidade, de tal modo que eles põem a possibilidade de voltar depois da aula seguinte para "ver" o que se passou, o que a professora corrobora: *"A seguir à aula de ciências passam por aqui"*. Sabem os alunos o que vão lá fazer?

96/01/11

Inicia-se a aula com a escrita do sumário onde figura o já referido termo "discussão" do relatório.

Segue-se uma metodologia que se percebe, pelo discurso da professora, que é já habitual para a apresentação dos relatórios à turma, na sequência de trabalho prático. Trata-se de simular um concurso, como na televisão, em que alunos são nomeados para apresentarem uma parte do relatório. Existe um apresentador cujo papel a professora lembra:

> *P- O papel do apresentador é ir apresentando cada um dos nomeados e... não é preciso estar a dizer o relatório todo que fizeram. (...) E tu é que vais escolher que partes do relatório... que parte do relatório é que cada um tem que apresentar.*
>
> A- *Portanto...*
>
> P- *E se tu não fizeres perguntas sobre o relatório eu faço. Está bom?*

Era suposto que o apresentador ou a professora fariam questões. Tal situação, interessante à partida, não se veio a verficar. Foi assim adoptada uma metodologia de jogo/concurso que podendo ter, potencialmente, um efeito lúdico interessante, na acção não se revelou como tal nem particularmente propiciador da "discussão" anunciada. Os alunos não ultrapassaram o aspecto de diversão. As palmas faziam parte integrante da metodologia adoptada, entre cada apresentação/leitura de uma parte na sequência do relatório, que como já foi notado tinha sido praticamente ditado na aula de trabalho prático. A apresentação voltou a ser uma sequência rígida, tal como fizera prever a orientação dada para a elaboração do relatório. Apenas uma vez, após a primeira intervenção, a professora (não o apresentador) pergunta se alguém tem perguntas a fazer.

O início das apresentações é feito pela leitura da introdução teórica. Poderia ter ocorrido clarificação do conceito de teoria subjacente à eventual situação problema, para depois serem avaliados os dados fornecidos pela experiência à luz de tal corpo teórico.

Para a professora não parece ser claro o que é uma teoria como conjunto de princípios de carácter interpretativo e valor preditivo. De qualquer modo, seja dito, não concebe um relatório sem introdução teórica. Na aula prática tal foi falado, não para compreender a situação que iria ser experimentada, mas já com vista à elaboração estereotipada do relatório. Refere a professora, deixando transparecer a sua representação de teoria: *"insisto que vocês na introdução teórica devem explicar a electrólise... e devemos... poderemos chegar a um ponto de explicar como é que se formam os iões... fazem essas introduções de nanha, de nanha... "*.

A sua ideia sobre o que seria uma adequada introdução teórica é apresentada por "*uma nomeada extra*" convidada pela própria professora. A "nomeada" lê: *"Os iões formam-se de átomos, ou a partir de átomos... Através da electrólise que é um processo de separação de misturas... por acção da corrente eléctrica... do cloreto de sódio subtraiem-se certos iões..."*. A esta leitura a professora comenta: *"viram... como é que deviam ter feito?*". Embora os alunos tenham reparado que a aluna dissera cloreto de

sódio, quando na aula prática se usara cloreto de cobre, ninguém se apercebeu que referiu a electrólise como processo de separação de misturas!

Contrário à ideia de discutir o relatório e favorecendo a de "apresentar", a professora, logo após a leitura da introdução teórica pelo "nomeado extra" diz: *"(15:00) P- Seguindo o relatório! Vá, rápido..."*, passando-se em seguida para a listagem de material usado, ilustrado no seguinte diálogo:

A- Dois fios eléctricos, um copo...
P- Fala mais alto (o aluno enumera o material; palmas)
A- Falta o erlenmeyer...
P- Falta material.
A- Uh, Uh!...

A referência ao incidente ocorrido é breve e desvalorizado. A apresentação é sequencial, sem se atender à compreensão do processo, senão vejamos os moldes em que, por exemplo, o "desenvolvimento da experiência" é apresentado, de por si, como cada passo: *"A- Pusemos água num copo, pusemos cloreto de cobre e... dentro do copo pusemos um cátodo e um ânodo, ligamos dois fios... pólo positivo e o cátodo ao pólo negativo...."*. Para a professora, na senda das ideias que temos avançado, parece ser importante a questão operativa pelo que pede a um aluno para fazer o esquema da montagem no quadro e manda *"explicar, faz favor"*.

Parece-nos apressada, remando contra o tempo mas sem seleccionar o importante do acessório ou antes, escolhendo como principal a apresentação sequencial que valoriza o linear, objectivo... quase num sentido de causa a efeito entre o método e o conhecimento da ciência.

Sempre que assistimos a incorrecções ou faltas de rigor por parte dos alunos, a professora pede a outros que expliquem, para corrigir. Não são discutidas as ideias dos alunos nem é aquele que não foi rigoroso que deve corrigir-se (*O anôdo é o dos iões positivos...*). Por vezes o diálogo fica mesmo imperceptível pela sobreposição da voz da professora ou dos alunos em relação àquele que fala.

Nota-se que a aprendizagem não acontece com facilidade e a professora, apercebendo-se disso, não reconhece motivos... ou reconhece-os na falta de atenção, pura e simples, dos alunos, colocando-os de castigo no canto da sala com a cara virada para a parede, nem por isso diminuindo o barulho na sala (descritivos 22:00). Noutras situações é a ameaça com a avaliação. Contudo, a professora preocupa-se com os alunos e a sua aprendizagem. Pergunta, repetindo com frequência, se *"perceberam mesmo?"* e explicando de novo. Parece intencional evitar erros que os alunos pudessem dizer (daquilo que tinham compreendido e que são as suas ideias sobre o assunto). Tal conduz-nos, adicionalmente, a pensar na valorização do produto da ciência. Da aula prática ficou, quiçá, o que é o ânodo, o que é o cátodo... aspectos em que a professora se prendeu durante algum tempo... perguntamos o que terá resultado, em termos de aprendizagem e em termos de imagem de ciência para os alunos, com a realização do trabalho experimental?

As questões são, praticamente, falsas questões, produtos de um dirigismo da aula pela professora deixando aos alunos apenas completamentos (descritivos ~24:00).

Um dos aspectos particulares do relatório a ser apresentado são as observações, sem nenhuma intenção que não seja a de as apontar: *"Agora as observações"* que os "alunos nomeados" lêem. Finalmente, e parecendo ser entendido como tal, a professora refere: *"Então depois disto tudo chegamos finalmente à conclusão"*. E a elaboração do relatório que funcionou como trabalho de casa, podia não estar completo; a professora pergunta: *"Houve alguém que se esqueceu de fazer a conclusão?"*.

Após a apresentação/leitura da conclusão (existem iões na solução de cloreto de cobre II) a professora questiona os alunos, em particular os que leram as suas conclusões, embora depois nos faça pensar que é com a intenção de deixar um conhecimento "sólido" bem firmado, inequívoco, indiscutível, em termos de produto, a memorizar. Parece até que a conclusão já tinha sido avançada na aula anterior aquando das indicações iniciais para a elaboração do relatório. Tal inferência é feita com base no discurso que se segue:

P- Então depois disto tudo chegamos finalmente à conclusão? (...)

A- Existem iões na solução de cloreto de cobre II.

P- Porquê? Porque é que existem?... ou... como é que sabes que existem esses iões? Como é que se pode provar a existência de iões nessa solução? Eu expliquei à menina...

A- (...).

P- Quem é que sabe responder?... Cristina, Andreia... Vocês ontem é que escreveram o que eu falei? Por que é que esta experiência serve para mostrar que existem lá iões?

A- É uma evidência experimental!

P- Mais... Já vi que tu estás dentro do assunto. Agora, explica lá em português. É uma evidência experimental! O que é que isso tudo quer dizer?... Ana?...

A- Que há iões. Não havia...

P- E então o que é que acontecia à experiência?

A- Ficava igual.

P- (em tom muito alto, decidido) Não funcionava nada! (palmas) O que é que acontece? O que é que acontece, meninos? Se não houver iões naquela solução (alunos falam; professora aguarda) Se não houvesse lá iões, só lá havia moléculas, não é?... Gonçalo...

A- (que chamara a professora para dizer) - Não consigo passar.

P- Ah!

A- Não se consegue ler.

P- João, explica lá, por que é que esta experiência mostra a existência de iões?

A- Se o cloreto de cobre fosse constituído por átomos... mas é por iões... não havia a divisão de partículas... E assim o grafiti que é...

P- O grafiti é... grafite, grafite (alunos repetem a palavra).

A- O eléctrodo positivo não atraía os iões positivos e o eléctrodo negativo não atraía os iões negativos.

P- Reparem, os eléctrodos, sejam de que carga forem, podem atrair qualquer coisa que tenha carga. De outra vez eu só disse carga positiva, a grafite... Portanto, o eléctrodo para atrair seja o que for tem que atrair qualquer coisa com carga... se são os iões... se não houvesse lá os iões não havia nada com carga, só havia lá moléculas... se só houvesse moléculas o cobre não era atraído nem pelo positivo nem pelo negativo e nós... Oh Ricardo!

Na sequência de uma imagem de "realismo ingénuo" já identificada a propósito do sentido da expressão "demonstração da existência de iões" surge de novo o reforço para essa inferência. A questão, potencialmente interessante "como é que se pode provar a

existência de iões", longe de, intencionalmente, se destinar a uma discussão epistemologicamente interessante, conduz-nos à imagem de realismo ingénuo, sustentado pela professora, e subtilmente passado para os alunos, de tratar entidades tais como iões, como realidades inequivocamente existentes.

A ideia de "evidência experimental" que é avançada como justificação por um aluno e que a professora elogia, é um indicador da valorização da experiência como sinónimo de observação, fonte de conhecimento. O facto de a professora, ela própria, tirar como conclusão "*não funcionava nada!*" reforça, porventura, essa imagem da experiência como fonte de conhecimento. A conclusão surge como a única saída possível, directa, indiscutível, evidente.

Para os alunos a espera por uma conclusão "ainda mais simples" é perceptível pelo interesse que manifestam "por passar", ficando com aspectos organizados, matéria para estudo.

Na conclusão, explicação pela professora e em seguida por um aluno, há imprecisões, reveladoras de dificuldades conceptuais que se tornam depois impeditivos de uma valorização de imagens consistentes sobre a ciência. A aula esgota-se no esforço de compreensão científica dos aspectos abordados sem margem para aumentar a capacidade de passar imagens sobre ciência e conhecimento científico, sobre forma de produzir ciência ou outros aspectos que aumentariam a cultura científica e o gosto pela aprendizagem das ciências nos alunos. Alguns aspectos referentes ao aspecto teórico e às conclusões tiradas são portadores de incorrecções científicas que não deixam compreender o assunto. Por exemplo, é notória a imprecisão acerca dos conceitos de átomo, ião, substância iónica, moléculas, substâncias moleculares... Tal compreensão tornava-se imprescindível para o esclarecimento dos aspectos tratados na aula prática.

A referência à experiência é sem dúvida, neste grupo de aula prática/aula de "discussão do relatório", um dos aspectos fortes do discurso epistemológico da professora. Ela surge muito valorizada em frequentes referências.

Mas nós partimos do cloreto de cobre para os iões. A experiência foi sair para os iões. (...) Nós nas aulas anteriores temos feito de uma forma: partimos dos iões... mas a experiência foi partir do composto para chegar aos iões, foi ou não foi? O cloreto de cobre... e... obtivemos os iões nas duas grafites...

A estratégia utilizada, que é habitual, e portanto como metodologia já é conhecida pelos alunos, de apresentar sob a forma de concurso os resultados experimentais, poderia ser uma ocasião propícia a considerações sobre aspectos referentes à comunidade científica e à apresentação e aceitação de resultados e conhecimento científico. Também não há critérios para a selecção dos melhores trabalhos apresentados e da melhor forma de os apresentar. Vota-se, sem critério estabelecido.

Repare-se no troço da aula, em que o discurso parece poder sustentar as ideias que avançamos na análise:

P- Vamos então... para... Quem vota na... levanta o braço faz favor. Metam-se ali (para os alunos participantes na apresentação) Quem vota na Ana?... Três. Quem vota na Andreia?... Quem vota na Cristina? Quem vota no Fernando? (braços no ar) Quem vota no David?

A (vários)- É a Andreia... É a Andreia. (levantaram-se mais dois alunos que faziam parte do grupo da aluna vencedora e deram um beijo à colega; palmas)

A- Chamo o Gonçalo (vão outros dois alunos)

P- Finalmente vai-se entregar o prémio. Vou chamar ao palco a Dra Vanete. (palmas; barulho) E agora podem sentar.

A- E assim encerramos o nosso concurso... com um desempenho um pouco pobre mas... (palmas; senta-se o aluno apresentador; os alunos riem; estão muito excitados; falam sobrepondo as vozes).

A- Podemos cantar o Bicho do Iran Costa?

P- Pronto, agora acabou a brincadeira. Vamos lá a ver! Agora que acabou a brincadeira, quero que vocês fiquem com a seguinte ideia: esta experiência serve para (...) e o que vocês deviam dizer é que ela serve (...) Eu vou... perguntar... Porque é que esta experiência mostra a existência de iões?

A- (...).

P- Clara, diz-me lá por que é que esta experiência mostra a existência de iões?

A- Nesta experiência nós constatámos... que liberta e na outra... se nós pudéssemos dar... moléculas...

P- (...)

A- Como a carga destas era neutra... não havia...

A- A experiência não dava resultado.

96/01/16

A professora tem necessidade de voltar a descrever o que se passou na aula prática. É já a terceira sobre tal aspecto e as dificuldades evidenciadas pelos alunos na compreensão e sistematização do conhecimento são notórias apesar de a professora, como já avançamos em situação anterior, pretender que fique, principalmente, o conhecimento factual. As falsas questões resultam num aparente diálogo que sustenta um relacionamento interpessoal professora-alunos mas que em termos de aprendizagens significativas para os alunos não podemos pensar que resultam de situações como as desenvolvidas na prática de ensino desta professora.

Persistem as dificuldades conceptuais já identificadas anteriormente e que não são, nem em termos estritamente científicos (como se tal fosse possível!) clarificadas e ultrapassadas.

96/01/17

Numa aula em que o sumário é "conclusão do sumário da aula anterior", a proposta da professora é *"fazer exercícios para ver se vocês ficam, de uma vez por todas com as regras das nomenclaturas dos compostos iónicos, devidamente encaixadas"*. Deixa assim transparecer uma ideia de aprendizagem com base na memorização, em que a matéria fica "encaixada", armazenada para ser usada quando necessário. De facto, um aluno pede, nesta sequência, se *"podia escrever outra vez a definição"* de aspectos como *"se o óxido de alumínio é uma molécula ou um composto iónico"*. Repete-se a ideia de um conhecimento aproblemático, linear, desligado de situações... sem utilidade que não seja o uso em sala de aula e a posterior avaliação. Os alunos não têm claros os conceitos de átomo, molécula, ião, etc. que são em si próprios conceptualmente difíceis porque sub-microscópicos, mas indispensáveis para a

compreensão da organização e estrutura macroscópica da matéria. Nesta sequência a professora explica, sem previamente considerar as ideias dos alunos; explica sobre as dúvidas dos alunos que não foram, nem tão pouco, claramente apresentadas. Como será possível, entre alguma confusão da própria professora e a grande confusão dos alunos, que estes compreendam? Atente-se no troço da aula:

A - Professora, podia escrever outra vez a definição (...) ?

A- (...) se o óxido de alumínio é uma molécula ou um composto iónico.

P- O óxido de alumínio já é uma molécula. Uma molécula e um composto iónico é a mesma coisa. Nós falámos que molécula era um conjunto de átomos. Então, isto são dois iões, não é? O ião óxido e o ião alumínio... Portanto (...)

A- Porque é que dizemos que o alumínio é um ião, enquanto que o (...) é um átomo, ou não ?

P - Não. Se isto, Al^{3+} é um ião, porque perdeu três electrões.

A - Como é que sabemos se o alumínio é um átomo ou ião ?

P- Se este átomo formar um óxido de alumínio, juntou-se a outro ião para formar um composto, para formar um composto de moléculas, juntaram-se os dois para formar um composto de óxido de alumínio.

A - Então, professora, não podiam ser dois átomos (...)?

P - Vocês estão a baralhar coisas. Nós, quando falámos em moléculas, dissemos que as moléculas eram conjuntos de átomos, não foi? Agora, estamos a falar de moléculas de compostos iónicos. Os iões não se formam a partir dos átomos? Dizer que um composto iónico é um composto formado por dois iões, que se formam a partir de átomos, não se pode dizer que eu tenho aqui uma molécula de óxido de alumínio que é um composto iónico. Esperem lá que eu não me estou a saber exprimir. Aquilo que é formado especificamente por iões, não significa que não forme uma molécula. Tu estás a reparar que há moléculas e compostos iónicos. Aquilo que ali está escrito é uma molécula, mas aquele composto é um composto tão especial que pertence a uma família (...) chamada de compostos iónicos. Porquê? Porque nós podemos formar esta molécula, não a partir de átomos, mas a partir de iões. Portanto chamámos a estes compostos, compostos iónicos. Mas aquilo é uma molécula. Estás a perceber? E se eu perguntasse assim: eu tenho uma molécula de óxido de alumínio; que tipo de átomos é que estão envolvidos nesta molécula?

Para a professora, tirar as dúvidas, resolve-se com treino por exercícios. É a questão da repetição, que é diferente de treino para consolidar conhecimentos que

podem surgir como propostas de trabalho de casa, ou eventualmente, na aula. Nesta situação trata-se de resolução de exercícios para memorizar algoritmicamente, uma vez que a questão teórica não está compreendida pelos alunos. O treino, repetição, memorização, podem, do ponto de vista da professora, resolver o problema da aprendizagem. O conhecimento surge assim de forma linear, aproblemático, definitivo, que é para decorar... A professora coloca-se no papel de quem compreende as dificuldades dos alunos mas que "afinal é para saber e não há nada a fazer"! No caso do episódio que estamos a analisar diz respeito à escrita de fórmulas químicas de compostos iónicos. Em relação à regra de escrita, a professora oscila entre passar a imagem de que se trata de uma fórmula prática a usar sem questionar ou à necessidade de compreender bem a sua aplicação.

O domínio científico da professora não parece muito amplo e sustentado. Tal ideia vem de algumas incorrecções científicas pontuais mas principalmente de uma análise à sua linguagem, considerando o papel desta na construção de representações dos conceitos científicos. A clareza é uma necessidade (ou uma consequência) relativamente à construção de conhecimentos significativos, bem sustentados. A linguagem, pouco clara, é geradora de confusão... A própria professora algumas vezes dá conta disso:

> *Esperem lá que eu não me estou a saber exprimir. Aquilo que é formado especificamente por iões, não significa que não forme uma molécula. Tu estás a reparar que há moléculas e compostos iónicos (...)*

Embora com a incorrecção de chamar composto iónico ao ácido sulfúrico, a professora esclarece, para a explicação que vai dar, que usa uma representação (modelo), embora com a imprecisão de linguagem que por uma lado já identificámos como proveniente de alguma confusão conceptual e por outro admitimos que é introduzida pela oralidade. Explica aos alunos o uso que faz do modelo mas não faz referência ao quadro teórico subjacente. Talvez possamos inferir que se refere a limitações do modelo mas evidencia-se uma dose de realismo ingénuo: *"Bem, isto não representa a realidade, ok? Este desenho não representa como isto se organiza. Isto é*

um bocado mais complicado. Eu estou a representar em bolas, para vocês visualizarem melhor o que vai acontecer".

Nesta aula prevalece a explicação de regras algorítmicas, tentando, no discurso, fazer passar a imagem oposta, de que o que é preciso é compreender, fazer raciocínios correctos, em oposição à regra decorada.

> *P- Reparem que só podem acrescentar aqui os iões que já cá estejam; não podem inventar iões ou pôr electrões. Só para bater certo. Só cá podem pôr iões que já cá estejam. Quais? Neste caso, só podem acrescentar O^{2-} ou Al^{3+} está bem? São os únicos que aqui estão (...).*
>
> *Primeiro escrevemos tudo menos a carga; escreve-se tudo menos a carga. Ali atrás temos iões. Agora vamos escrever as fórmulas químicas. Nas fórmulas químicas não aparecem as cargas dos iões. Primeiro escrevemos os positivos; tudo menos a carga. Quanto é que utilizámos ?*
>
> *A- Dois.*
>
> *P- Al_2, agora ao O tiramos-lhe a carga ...*
>
> *A- Professora, (...)*
>
> *P- Exactamente (...). Existe uma regra que se chama regra dos abraços. Deixem-me lá falar... Oh gente... Existe uma regra. Isto é um raciocínio correcto que as vossas cabeças devem fazer de forma a fazer as coisas como deve ser. Mas, existe uma regra para os cábulas não terem de estar (...), que se chama a regra dos abraços. Como é que é a regra dos abraços? Como vocês disseram e muito bem, como vocês repararam nisto, estes números aqui de baixo no fundo não são mais... reparem (...) isto é só uma constatação que as pessoas foram dando ao longo dos tempos e agora criaram a regra dos abraços (...). Esta regra dos abraços não é nada que exista nos livros de Química; não é nada que esteja comprovado (...). É um método de fazer as coisas através (...) mais nada, não é ? E o que é que acontece ? Se eu pegar neste 2 e pôr aqui em baixo, e se eu pegar neste 3 e puser aqui em baixo, o que é que que eu tenho de pôr ? Al_2O_3.*
>
> *A- É sempre assim professora?*
>
> *(..../....)*
>
> *Não decorem as coisas; não decorem as coisas; pensem, pensem, pensem. Vocês sabem o que é que acontece? Se vierem com as coisas decoradas para o teste, mas isto é para esta disciplina e para qualquer outra, se vierem com coisas decoradas, na vossa memória: a vossa capacidade de memorização é se, cada um tem a sua capacidade de decorar as coisas, com mais facilidade ou com menos facilidade. E o*

> *que é que acontece? Essa informação toda que vocês decorarem no dia anterior, vem toda encaixada na nossa cabeça. O que é que acontece? Chegam ao teste; se alguma coisa corre mal, ou porque vocês estão nervosos, ou porque dói a cabeça ou por qualquer razão, vocês já não conseguem funcionar (...): E o que é que acontece? A vossa cabeça começa a baralhar os ficheiros, começa a baralhar as coisas e começa a sair tudo ao contrário.*

A pergunta de um aluno "se existe uma regra", que se repete por outro que pergunta "se é sempre assim?", pelo hábito criado nos alunos de decorarem e repetirem, é respondida pela explicação demorada da "regra", que é contrariada no discurso de que nada é para decorar, mas em que sempre se vai referindo a avaliação pelo grande teste que naturalmente os alunos preparam decorando o rol de matéria "que vem" ou "que sai", na gíria dos alunos e dos professores, denotadora de uma concepção da natureza do conhecimento, da aprendizagem e da avaliação!

O episódio transcrito faz-nos pensar numa indefinição da professora relativamente ao estatuto epistemológico da "regra" e do "raciocínio". Parece que o "raciocínio" que a professora chama "correcto", se refere a um silogismo universal, correspondente a uma forma de operar com o pensamento, que dispensa conteúdo mas se lhe aplica. É ilusória a ideia que se passa para os alunos de que não precisa de ser decorado! Tratar-se-ía de um método universal, mas a saber, como método! Transparece a ideia de que a regra é estabelecida por via indutiva (viu-se que era sempre assim!) enquanto que a entidade a que chama "raciocínio" é a dedutiva. Logo, admite-se o indutivismo como potenciador de conhecimento, nem que seja de "regras"! Identifica-se aí uma dificuldade de posicionamento epistemológico.

No final da porção transcrita, que coincide com o final da aula, a professora usa o termo *"informação (...) encaixada"* em oposição ao início da aula. Primeiro defendendo e agora condenando. É de novo uma indefinição epistemológica que transparece.

Esta 4ª aula videogravada deixa vir ao de cima vários aspectos epistemologicamente interessantes, melhor compreendidos em presença da totalidade do discurso da aula (ver descritivo), desde a forma de entender o conhecimento científico à

forma como se entende a aprendizagem e sua relação com a produção de conhecimento científico, situações conducentes a confusão conceptual por parte da professora que induz outro tanto nos alunos, à importância atribuída à avaliação, aspectos levantados pela ideia de treino, exercícios, regras, modelo...

96/01/17

Chegámos a uma aula em que haveria imensas possibilidades de fazer passar para os alunos imagens consistentes acerca da ciência e do conhecimento científico, ressaltando a dimensão científica, histórica e cultural da Química.

Logo no sumário, relevando a importância que é atribuída à experiência em termos isolados, a professora dita: *"lei da conservação da massa. Experiência "*. Tal ideia vem a ser desenvolvida na segunda metade da aula, em que o assunto é tratado exclusivamente por recurso à realização de uma experiência, não contextualizada, não introduzida de forma problematizada, não atendendo a ideias dos alunos sobre a questão da conservação/alteração da massa durante uma reacção química, sem recurso à História da Ciência que é pródiga em relação a esta polémica da conservação da massa na sequência da descoberta do papel do oxigénio nas reacções de combustão e que implicou toda uma mudança de paradigma teórico na Química.

A professora, após a escrita do sumário, pergunta se alguém tem dúvidas relativamente a assuntos anteriores, mas parece surpreendida porque persistem dúvidas nos alunos acerca do que tinha sido já largamente treinado através de exercícios.

A sua preocupação divide-se entre voltar de novo aos exemplos de escrita de fórmulas químicas e avançar pelo programa: *"Outra vez? (...) Pronto, mas rápido que eu quero fazer isto hoje"*. Opta e envereda por nova situação de tirar dúvidas, resolver exercícios, treinar, tal como já assistíramos em aulas anteriores. Os alunos não dão mostras de perceberem mais do que antes. A professora mostra-se preocupada, do ponto de vista relacional e psico-pedagógico, com as aprendizagens (ausência delas) dos alunos. Chama-os ao quadro, uns após outros, esclarece nomenclatura, repete, é paciente. Segue uma forma idêntica à de situações anteriores, que afinal se mostraram

ineficazes. Após tanto tempo e treino subsistem muitas dúvidas. Chega a pensar que podem permanecer o ano todo e "vai perdendo a paciência": *"De uma vez por todas... Não, não... De uma vez por todas, oiçam que é para eu não estar a repetir isto até ao final do ano"*. Finalmente mostra-se cansada de explicar e sem aparentemente perceber onde residem as dúvidas dos alunos ou a incapacidade de "simplesmente saberem". Tal não é motivo para que a professora questione o seu ensino?

Uma das situações epistemologicamente relevantes da primeira parte da aula é relativamente ao valor que é atribuído ao erro e ao tratamento didáctico de que é alvo. Parece pretender "tapar" o erro que não pôde evitar ou então usá-lo como exemplo do que não se pode fazer, do que "está errado", em oposição ao que é pretendido que seja feito para "estar certo", corrigindo-se de imediato. O erro não é explorado de forma positiva, discutido, valorizado para fazer parte do caminho da sua própria superação, sempre transitória.

> *P- Apaga, apaga isso. Apaga, apaga depressa. (...) e eu já expliquei, eu já expliquei... O que é que é isto? Isto seria (...) com outro OH e outro OH aqui. Menos, menos, mais. Isto é o que aqui está. Mas, se por acaso... deixa-me dizer as coisas como deve ser. Que irritante. Não têm (...). Se já entenderam digam que sim com a cabeça e ponto final. Agora, estarem a adivinhar (...). Isto está certo e isto também. Mas, se eu escrever assim: Al (O) H3, o que é que eu aqui tinha ? Um Al, é ou não é ? Quantos 0?*
>
> *A (vários)- Um.*
>
> *P- E quantos H ?*
>
> *A (vários) - Três.*
>
> *P- Isto não é isto. Estão a ver a diferença? Isto não é nada. Isto não existe. Asneira. Isto "errado". Perceberam bem a diferença? Paulo: isto não tem nada a ver com (...). Isto é que está certo. Porque nós, se tivermos (...) OH vai neutralizar a carga do ião Al^{3+}, está bem? Pronto. Vamos "prá" frente.*

O estudo da conservação da massa é introduzido com as seguintes palavras: *"A partir daqui vamos ver o que nos diz a lei da conservação da massa nas reacções químicas. (...) pelo nome o que é que esta lei diz? Pensem nas palavras que cá estão"*. Embora peça aos alunos para dizerem o que as palavras lhes fazem lembrar, o que

poderia representar uma estratégia interessante, pouca importância atribui ao que é dito por eles. Os alunos vão repetindo "por outras palavras" e de novo a ideia de evitar o erro, na forma de confusão pelo aluno, é evidenciada pelas palavras da professora: *"Espera, já estás a baralhar tudo"* e parte-se de imediato para a realização da experiência que assim surge de forma operativa, confirmatória da afirmação da professora. É esta que dirige a realização experimental, sem dar grande relevo, como tal, às previsões por parte dos alunos, sem explorar as suas ideias, sem hipótese que intervenha activamente no desenrolar da experiência e na leitura e análise dos dados. Parece desenrolar-se segundo um ritual operativo já conhecido de outra aula anterior. É a professora que dita o que deve ser escrito no relatório. Nenhum significado é atribuído ao quadro teórico, às ideias que guiam a experiência, aliás esta surge sem mais e a professora até refere que "*vocês depois passam pelo livro*"! A observação, por oposição à teoria, tem um papel relevante. Com frequência, como se sublinha no troço transcrito, a professora usa termos apelativos à observação como fonte de obtenção do conhecimento. É esta a única intenção da realização da experiência, que os alunos vejam com atenção. Partir directamente da observação, linearmente, sequencialmente, directamente para a conclusão, deixando subjacente a ideia de que existe um método infalível:

> *P- (...) Vou colocar aqui uma reacção química. Vamos medir a massa antes e a massa depois, e vamos ver se a massa é igual.*
>
> *A- Professora isso aí é o peso.*
>
> *P- Massa. O objectivo é irmos ver se a massa se conserva. Vou utilizar este pesa-cartas. Qual é o objectivo? Verificar se há conservação da massa na reacção química. Eu não vou ditar isto para o caderno... Vamos verificar se existe conservação da massa numa dada reacção. A introdução teórica, vocês depois passam pelo livro, material... balão de erlenmeyer, dois funis, um tubo de ensaio, um pesa-cartas ou uma balança. (...) Não vou deitar muito porque vocês já viram esta experiência, naquelas experiências que vocês fizeram, tá? (...) Depois olhem com atenção. Vou deitar um pouco de nitrato de chumbo. E agora o que é que eu vou fazer? Estão a ver? (...) viram (...)? Não devem fazer. O que é que nós vamos fazer? Tu, com muito jeitinho, vou pôr este tubo de ensaio... com muito cuidado vou pôr este tubo de ensaio aqui*

dentro, mas de forma a que não entorne, de forma a não haver mistura do nitrato de chumbo com... Os dois reagentes não estão em contacto um com o outro, pois não? E agora o que é que nós vamos fazer? (...) Eles não estão em contacto. Ou estão em contacto um com o outro?

A- Não.

P- O que é que nós vamos fazer? O nosso objectivo é determinar, era verificar se a massa antes da reacção é igual ou não à massa depois de se dar a reacção, é ou não é? Portanto, vamos ter de pesar este conjunto todo. Espero que isto não caia ...

A- Quatrocentos e ...

P- Calma lá, que eu ainda não expliquei como é que vocês vêem isso. E não tocas nesta mesa... (...) isto está em gramas. 420.

A- Quatrocentos ... ?

P- Eu já mostro. Eu depois mostro, É esta aqui.

A- 420.

P- 420, é. Isto é um dos registos que vocês vão fazer. A massa ...

A- Professora, (...) ?

P- Registo de dados. (...) deve-se pesar este conjunto; colocam esta figurinha, tá? Vocês escrevem, massa antes da reacção. (...) Está tudo a seguir isto? 420 g, está bem? E agora o que é que eu vou fazer? Se conseguir, vou fazer com que dentro do erlenmeyer. (...) se dê a reacção, e vou pesar (...), tá ? Viram ? Deu-se a reacção porque antes não havia cá este pó amarelo, pois não? Agora vamos pesar novamente.

A - Pesa mais, porque aquilo forma um sólido.

P- Não pode dar mais. Se eu não pus nem tirei nada, não pode dar mais. (...) deixa lá ver. Olha ali (...) Viram, e agora, eu confirmo, já que vocês não viram. (...). A massa depois da reacção é exactamente igual à anterior: 420g.

A- Conclusão ...

P- Tá ? A sério, fora de brincadeiras. Das duas, uma: ou nós medimos mal antes, ou isto aqui (...) porque isto tinha que dar exactamente o mesmo. Porque reparem, eu desde que fechei isto, eu não acrescentei exactamente nada: nem retirei nem pus mais nada dentro do balão. A única coisa que aconteceu, foi antes (...) e essas coisas transformaram-se noutras que não estavam cá: o pó amarelo e (...). Vocês já conhecem esta reacção.

A- (...)

P- Como? Nos tínhamos iodeto de potássio, que é KI, e juntámos iodeto de potássio ao nitrato de chumbo, que é $Pb(NO_3)_2$, não é ? Porque o ião chumbo, é o ião Pb^{2+} e o ião nitrato é o ião NO_3^-. Precisamos de dois deste para eliminar um deste, está bem? Está certo? Há alguma confusão ?

A - Não.

P- E agora lembrem-se lá ... isto é a equação química que traduz a reacção do que se passou ali. E agora o que é que vai acontecer? Este ião que é negativo, não é ? O ião iodeto é um ião negativo, vai-se juntar ao outro positivo, é ou não é?

A- Aquele é negativo?

P- Este é. Este é I^-; este é K^+, este é Pb^{2+} e aquele é NO_3^-, é ou não é? Este negativo vai-se juntar a este e vai formar que composto? O iodeto de chumbo. Quantos iões iodeto eu vou precisar para anular este? Dois, não é? Pomos sempre primeiro este (...): O que é que sobrou? Este com este, é ou não é ?

A- (...)

A - Professora, não é NOK_3 ? (..../...)

P- Bem, está a acabar. Este, vejam lá, não houve tempo. Qual é o composto amarelo ?

A- Iodeto de chumbo .

P- Este fica sólido; é amarelo, é o iodeto de chumbo.

A - Isto é antes, e depois (...) ?

P- (...) Bem, tiramos as conclusões de experiência amanhã. Vejam lá se (...) que eu ainda não dei (...).

A professora lá vai dizendo que não dita para o caderno, enquanto praticamente vai ditando de forma sequencial cada passo da actividade, podendo dizer que a realização do trabalho experimental se resume ao enumerar de passos e à confirmação de enunciados feitos.

O uso do pesa-cartas como instrumento de medida torna incorrecto o uso do termo massa, uma vez que o chamado pesa-cartas não é uma balança mas um dinamómetro, medindo, portanto, o peso. Um aluno adverte, possivelmente não de forma consciente, de que o que se ia ali medir é o peso. A professora, de novo camuflando imprecisões e/ou erros, simplesmente reforça a palavra massa. Do ponto de vista histórico era chamada de "pesar" tal operação de determinar a massa e por outro lado a professora poderia ter explicado de que grandeza se tratava, de uma forma simples. Estamos em crer que são situações como aquela a que assistimos que introduzem e reforçam a dificuldade que persistirá de os alunos virem a compreender melhor as noções de peso e de massa. A imagem de conhecimento autoritário passado

pela professora ressalta de situações como aquela a que se alude: *"Massa. O objectivo é irmos ver se a massa se conserva"*. Mas os alunos não têm presente o que é a massa!

A valorização da observação é notória em afirmações da professora, que se sucedem: *"Calma lá, que eu ainda não expliquei como é que vocês vêem isso. (...) Eu já mostro. Eu depois mostro"*.

Uma imagem da ciência como um conjunto de certezas que a professora possui e que pode ser passado para os alunos, surge quando um deles sugere que o conjunto *"pesa mais porque aquilo forma um sólido"*; a professora atalha a hipótese do aluno, de forma categórica:

> *Não pode dar mais. Se eu não pus nem tirei nada, não pode dar mais. (...) Deixa lá ver... Olha ali.... Viram, e agora eu confirmo, já que vocês não viram. A massa depois da reacção é exactamente igual à anterior: 420 gramas.*

Nessa sequência é natural que um aluno peça imediatamente "*a conclusão*" para encerrar este processo. A situação anterior parece-nos gerada pelo papel que é atribuído ao erro. Este é desvalorizado e encarado como prejudicial, a evitar quando possível e a ultrapassar ou camuflar, se surge ocasionalmente. Um outro aspecto que é introduzido neste episódio é a falta de previsões que poderiam ser feitas pelos alunos para dar sentido à actividade experimental. É a professora que justifica as incorrecções, que não são exploradas, acabando por se servir da sua autoridade científica para assegurar a validade da experiência:

> *P- Tá? A sério, fora de brincadeiras. Das duas uma: ou nós medimos mal antes, ou isto aqui (...), porque isto tinha que dar exactamente o mesmo. Porque reparem, eu desde que fechei isto, eu não acrescentei exactamente nada: nem retirei nem pus mais nada dentro do balão. A única coisa que aconteceu, foi antes (...) e essas coisas transformaram-se noutras que não estavam cá: o pó amarelo e (...). Vocês já conhecem esta reacção.*

O interesse da professora rapidamente se volta para a escrita das fórmulas químicas e para a equação que traduz a reacção química, e a explicação vem através do nível microscópico (historicamente surgiu de forma inversa).

A conclusão não foi tirada de forma a ser registada no caderno. Trata-se de conclusão de quê? Em termos do trabalho prático tratou-se de confirmação: confirmou-se ou não? Iniciar a escrita da equação química sem conclusão não parece fazer sentido. A conclusão a tirar, provir da análise da equação da reacção química, também não parece ter sentido (ou tira completamente o sentido e pertinência da demonstração experimental)... Este procedimento parece dar sentido à interpretação que fazemos, de um posicionamento epistemológico da professora, correspondente a um entendimento do conhecimento científico como verdadeiro, acabado e aproblemático.

96/01/18

No sumário escreve-se: "conclusão do sumário da aula anterior. O acerto de equações químicas". A professora faz o ponto da situação deixando vir ao de cima a sua perspectiva de valorização da experiência e da observação. A experiência, em si, permite, do ponto de vista da professora, constatar factos pela observação:

> *P - Bom, como nós vimos na aula prática... nós com aquela experiência pudemos constatar o quê? O que é que foi constatado? (...)*
> *A- Que a massa dos reagentes... que a massa não se altera nas reacções químicas.*
> *P- Será que... ou temos que lhe acrescentar mais alguma coisa? Nós vimos que... com aquela experiência... pudemos constatar que a massa total dos reagentes é igual à massa total?...*

Afinal o(s) aluno(s) sabe(m) porque tal foi dito pela professora ou porque constatou(constataram) com a (única) experiência realizada? É simplesmente a autoridade científica da professora que passa para os alunos uma informação que passará doravante a ter estatuto de dogma científico.

Uma situação que poderia resultar bem, se acompanhada de consistência (intenção) epistemológica, foi aquela que surgiu da questão bem colocada pela professora: *"Agora digam-me lá uma coisa: Será que se eu tivesse tapado o balão de erlenmeyer com a rolha, será que a massa iria ser igual ou iríamos obter uma massa diferente? Vanessa*

diz lá.". Foi despoletada uma situação que a ser bem conduzida se tornaria muito interessante e com valor pedagógico e epistemológico. Os alunos avançam as suas previsões e, embora não tenhamos o diálogo completo, percebe-se que a professora resolve a situação ultrapassando-a, ajuizando da correcção/incorrecção das ideias propostas pelos alunos e dando saída linear à questão.

Vem ao de cima uma concepção dos alunos relativamente ao mecanismo das reacções químicas, no sentido de pensar que nestas um dos reagentes tem papel diferente do outro e por isso não seria indiferente, na escrita de equações químicas, a ordem de escrita dos reagentes (um reage sobre o outro). A professora explica de forma cientificamente correcta, mas não dando o relevo que tal CA, identificada, exige:

> *P- (...) Iodeto de potássio e nitrato de chumbo...*
> *A- É ao contrário. É ao contrário!... No fundo estava nitrato de chumbo... e no tubo de ensaio estava iodeto de potássio...*
> *P- Reparem uma coisa: é indiferente pôr o iodeto de potássio no balão erlenmeyer ou o nitrato de chumbo no tubo de ensaio. Isto porquê? (...) Foi preciso que houvesse contacto entre os dois reagentes para que houvesse uma reacção química... Foi isto que ocorreu, não foi? É irrelevante se...*

A conclusão da experiência confunde-se com constatação, conhecimento proveniente directamente da observação.

Encontramos nesta aula uma referência à História da Ciência (HC). É positivo, em primeira instância, encontrar uma tal referência. Analisando o episódio parece-nos que a imagem que passa é a de uma descoberta bem situada e com nome inequívoco, ocorrida de forma imediata e sem esforço para um sábio da estirpe de Lavoisier.

A par dessa imagem da descoberta científica transparece a dificuldade da professora em abordar questões de HC e uma precaridade no domínio dessa matéria. Parece usada com intenção ilustrativa.

Assistimos a um episódio curioso em que o aluno lê, interessado, no seu manual, alguns aspectos sobre a vida de Lavoisier e que a professora começa por elogiar. Quando percebe que o aluno lê pelo livro desinteressa-se de tal aspecto e segue ela

própria, além de pouco depois, de forma deliberada, mandar fechar os livros dos alunos. Sabendo nós que estamos cada vez mais longe do conhecimento em primeira mão veiculado pelo professor, há que gerir essa situação e explorá-la.

Nesta aula faz-se uma breve referência à Sociedade Científica como lugar de filtragem do conhecimento científico. A imagem que sobressai é que Lavoisier, talvez pelo facto de ser um cientista eminente, facilmente passou as suas ideias. De qualquer modo a imagem de sociedade científica é a de certificadora do saber a ser aceite. Este aspecto é interessante no discurso da professora. De qualquer modo, vem ao de cima a sua falta de informação em matéria de HC fazendo passar a imagem simplista de Lavoisier declamando a frase: "Na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma", sem debate, sem oposição e sem outros aspectos referentes à investigação que realizou com os seus colaboradores:

> *Bom, então esse senhor... há uma certa altura que ele disse uma frase que ainda hoje é... se não conhecida... é reconhecida por toda a gente. Pode não saber que foi ele que disse, pode não saber em que circunstâncias é que ele terá dito aquela frase, mas toda a gente acaba por conhecer, mais cedo ou mais tarde... toda a gente na sua vida acaba por ouvir falar desta frase e a fixar com facilidade. Ele, há uma certa altura... quando teve que apresentar os seus estudos perante a sociedade científica da altura... e ele disse a famosa frase: na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma.*

Um aspecto a assinalar no decurso desta aula é a diferença entre contexto da Natureza e contexto da Química, estabelecida pela professora. Surge na sequência da interpretação da "famosa frase" com o exemplo de um incêndio numa floresta. Para a professora, este ciclo da Natureza é ilustrativo da ideia encerrada na frase, mas num contexto diferente do de uma reacção química (descritivos: 15:00 e sequência). A imagem que passa é a de que os processos naturais não são processos químicos e que portanto existe um contexto próprio da Química que é diferente do contexto da vida quotidiana das pessoas. Neste exemplo, da combustão da madeira, inclusivamente, poderia ser a oportunidade de referir aspectos de dificuldades sentidas para a compreensão da conservação da massa nas reacções químicas por antecessores e

contemporâneos de Lavoisier. Difícil se torna, assim, fazer passar uma cultura científica próxima do que é significativo para os alunos e perceber a sua importância.

Há uma outra ocorrência que registamos por nos parecer científica e epistemologicamente significativa. É grande a confusão gerada sobre a questão da conservação da massa quando se pretende compreender o que é que isso significa em termos de comportamento da matéria. Confunde-se substância e átomos de elementos, ou seja, não há distinção entre o nível microscópico e macroscópico. Ocorrem muitas imprecisões que vão sendo alimentadas pela professora no seu discurso (descritivos: 19:00 a 23:00).

Uma situação que tinha sido abandonada vem ao de cima com o conceito de sistema (25:00). Trata-se de justificar por que se pôs a rolha no erlenmeyer aquando da reacção entre a solução de nitrato de chumbo e a solução de iodeto de potássio: "*para evitar que entrasse ou saísse alguma coisa estranha ao sistema, é ou não é?*" Seria uma oportunidade, já antes desperdiçada, para discutir, conceptualmente, a questão da conservação da massa, questionando que tipo de substâncias interagem na reacção e a questão histórica da discussão em torno da conservação da massa e das experiências realizadas por Lavoisier e seus colaboradores no século XVIII.

De referir é o exemplo que a professora encontra para justificar que se o número de átomos não for igual, nos reagentes e nos produtos, a massa também não pode ser igual. Digamos que seria uma oportunidade de esclarecer o conceito de reacção química como transformação de substâncias e a noção da conservação dos átomos de cada elemento, vindo ao de cima a própria necessidade epistemológica de conceber a existência de elementos (é que se trata de uma questão interpretada e prevista pela teoria e não operativa). Os alunos levantam a hipótese de serem átomos com o mesmo "peso". Primeiro aspecto a considerar é que não está compreendido o conceito de átomo. Em segundo lugar é a admissão de que, afinal, se trata de peso. Em terceiro é um modelo demasiado grosseiro e com muitas limitações para ser aplicável, aquele de que a professora se socorre para ilustrar a diferença de massa entre os átomos dos diversos elementos. Ainda se soprepõe o uso do termo "peso específico" para identificar o peso

de cada átomo e o peso de cada pessoa, quando tal se refere a uma grandeza física distinta. Esta comparação ainda acarreta, dada a ordem de grandeza do sistema de comparação, a que os alunos tenham dificuldade em compreender a ordem de grandeza da massa dos átomos e refiram gramas ou miligramas, como razoáveis, para a massa de um átomo.

No acerto de equações de reacções químicas, na base de que tal se seguiria a uma compreensão da questão da conservação da massa e do número de partículas nas reacções químicas, seria uma conveniente estratégia a que foi usada pela professora. A partir da questão *"se estaria certo apenas a escrita de uma equação onde figuram as fórmulas químicas das substâncias que tomam parte na reacção"*, no quadro e com a colaboração dos alunos vão tentando proceder a esse acerto da equação para poder representar a conservação da massa na reacção química. Eles poderiam apresentar uma proposta. Existia algum tempo para o assunto. Mas acaba por terminar o tempo da aula e não se conclui o acerto da equação. Em termos pedagógicos parece pouco adequado, dado tratar-se da primeira vez que estavam a fazer tal actividade. Era uma questão de controlo de tempo por parte da professora que acarretaria vantagens para a aprendizagem.

96/01/23

O sumário desta aula é "resolução de exercícios de aplicação da lei de Lavoisier".

No início da aula a professora faz referência aos relatórios feitos pelos alunos relativamente à aula prática. Constatara que nos relatórios dos alunos não havia congruência entre o que tinha sido realizado na aula e o que fizeram em casa:

> *Eu estive a ver os relatórios e é impressionante como é que há pessoas que ainda escrevem tantas asneiras... com o relatório na mão. Houve aqui pessoas que demonstraram que não ligaram nada, nada, nada, rigorosamente nada ao que aqui estiveram a fazer e depois quando chegaram a casa... para fazer o relatório... foram ao livro ver o que é que lá estava. Acontece que no livro não era a mesma e meteram... e o relatório não tinha nada a ver com o que tinha sido feito...*

Por um lado os alunos não participaram activamente na realização do trabalho prático, independentemente de ter sido demonstração, por outro é revelador da falta de interesse que os alunos têm pelas actividades e assuntos... em termos de aprendizagem. Um aspecto evidenciado é que a professora não escalpeliza a situação de ausência de interesse por parte dos alunos e da dificuldade de aprendizagem que daí advém. Como consequência ameaça com a classificação final do período e com o "grande teste" de que ela vai depender em exclusivo.

Para iniciar a resolução/treino de exercícios com os alunos a professora pergunta *"quais são os vários enunciados ou as várias interpretações da lei de Lavoisier"*, numa imagem de um conhecimento estabelecido a ser decorado para ser utilizado na resolução de exercícios "tipo".

Um aspecto interessante é o facto de a professora, para ajudar os alunos a recordar, usar a expressão: *"A primeira, aquela... o enunciado mais famoso, aquele que é de Lavoisier, que toda a gente sabe..."* e a este mote um aluno dá a resposta pretendida: *"Na Natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma."*. Em seguida a professora pede: *"Agora relacionada com a Química, Marisa. O que é que diz a lei de Lvoisier, mais relacionada com as reacções químicas?"*. Se por um lado este episódio revela a importância e necessidade que a professora vê em iniciar a resolução de exercícios de treino certificando-se que os alunos têm os conhecimentos que considera necessários, por outro é indicador da separação de contextos, aspecto que já foi ressaltado em aulas anteriores, entre a Natureza e a Química, e ainda atribuindo a Lavoisier um enunciado que a professora parece considerar mais vasto e não explicitamente do domínio da Química, das reacções químicas, como sempre explicita. A Química pode aparecer assim como um saber hermético, de pouca aplicação... ou de aplicações restritas e inacessíveis.

Relativamente ao valor da teoria, nesta aula surge um aspecto em que, para explicar o que é que quer dizer o enunciado da lei de Lavoisier, desenvolve a questão da constituição da matéria e refere que tal devia ser referido no relatório. Em situações

como esta parece que a professora dá relevo às questões teóricas como antecedendo e suportando os práticos. A conclusão é que pelo facto de o número de átomos dos reagentes ter que ser igual ao número de átomos dos produtos de reacção *"isso leva-nos a dizer também que a lei de Lavoisier implica que haja uma conservação do tipo de átomos em termos dos reagentes e em termos dos produtos e então obriga-nos a acertar equações*". Previsão da lei? Implicações? Não é, como diz a professora, *"a lei de Lavoisier (que) implica que haja uma conservação do tipo de átomos em termos dos reagentes e em termos dos produtos e então obriga-nos a acertar equações"*!

A ideia, vulgar aliás, "está de acordo com a lei de Lavoisier", encerra em si um posicionamento epistemológico face ao que é uma lei que "obriga", neste caso a acertar equações, sem se fazer presente que a lei é um enunciado com validade numa certa base teórica, ou seja, com um campo de "legislação" restrito. Há também uma certa dose de determinismo ingénuo que aflora na linguagem da professora, indiciador da crença na relação de causa a efeito: *"para que a massa seja igual, de um lado e do outro, o que é que tem que acontecer? O número de átomos tem que ser igual, porque se nós de um lado tivermos mais átomos do que do outro... é ou não é?*".

Na segunda parte da aula entra-se no assunto sumariado, numa forma de treino algorítmico. Para os alunos passa a imagem de resolução estritamente matemática, chegando a usar expressões como *"Se dois átomos de hidrogénio não é para anular com..."*.

Como já não se trata da primeira vez que os alunos fazem este tipo de exercícios poderiam tentar, em pequenos grupos, desenvencilhar-se da tarefa de acertar equações. Aperceber-se-iam melhor das dificuldades. Mas a professora, logo de início, numa forma muito tradicional, considera a atenção, aliada ao ouvir, como principal factor de aprendizagem, o que encerra uma ideia, já evidenciada, de conhecimento estático e aproblemático.

Ocorre um episódio em que a ideia de tratamento do erro é evidenciada. A professora dá, no quadro, um exemplo do que não é correcto em termos de acerto de equações, alertando os alunos para o erro, na tentativa de o evitar. *"Acrescentar o quê?*

Eu só posso acrescentar as moléculas... Não (Escreve um "2" a seguir ao símbolo do oxigénio da molécula de água e risca em seguida, dizendo:) Isto não é possível. Isto é outra molécula que tem outro nome".

Na resolução dos exemplos aportados pela professora é manifesto que os alunos têm dificuldades, uma vez que esta tem que orientar, dirigindo e impondo, a escrita e acerto da equação química. Sobre o acerto de equações químicas a professora refere que:

> *É por tentativas, não há nenhuma regra, não há nenhuma fórmula, entre aspas, para acertar equações químicas (38:00). Nós temos que ir tentando. Daqui e daqui... e a ver... de forma a que... só por tentativas, não há nenhuma regra, não há nada... (escreve no quadro; há dedos no ar)` Agora têm que ter cuidado e não perder a contagem... que eles são muitos e vão baralhar. O que acontece: depois baralham, depois esquecem-se... por isso é que eu disse... fazem um quadro, com uma coluna para os reagentes (vai ao quadro) outra para os produtos e depois umas linhas (39:00)*

Nesta insistência passa a ideia de que se houvesse uma regra seria mais simples e que o conhecimento do assunto resumir-se-ia a isso, uma vez que nestas resoluções ficam sempre muito de lado as questões iniciais que lhes deram sentido.

96/01/24

Trata-se de mais uma aula de resolução de exercícios sobre o acerto de equações de reacções químicas. Inicia por pedir aos alunos que expliquem a resolução, contribuindo para um aumento de significado.

Assiste-se, inicialmente, a um diálogo horizontal que a professora incita remetendo as questões dos alunos para os colegas que estão no quadro.

Na leitura de equações químicas é perceptível a dificuldade dos alunos em conceitos como átomo e molécula, por exemplo:

P- E como é que se lê esta equação, Gonçalo?

A- Como é que se lê?

P- Sim.

A- Dois átomos.... (outro aluno) duas moléculas...

A- Duas moléculas de... Sódio... (outro aluno) enxofre!

P- Dióxido... e

A- Dióxido de enxofre, uma molécula de dióxido de enxofre no estado gasoso... e... mais...

P- Reagem.

A- Reagem com uma molécula de oxigénio.

P- No estado...

A- No estado gasoso.

(.../...)

A- Não podíamos pôr H_2O_2?

E em situação de desespero a professora desabafa: "*Já disse isto milhares de vezes*", reforçando a nossa ideia de que as situações de ensino criadas não são significativas para os alunos. Ocorrem nesta aula várias situações que interpretamos da mesma forma (ver descritivos).

Com um exemplo tenta fazer compreender aos alunos a questão de existência (não de necessidade) de rigor da nomenclatura química. Aliás, no contexto da revolução na Química em que Lavoisier é protagonista, tal questão seria muito pertinentemente abordada, perante a dificuldade dos alunos, por recurso à História da Química, fazendo a comparação com um período em que se sentiu a necessidade de uma reforma na nomenclatura da Química.

Nesta aula, designa por "princípio de Lavoisier", o que habitualmente refere como "lei" o que epistemologicamente estará mais de acordo com a estrutura de tal conhecimento (e sustentado pelo texto do Traité Élémentaire de Chimie). A ideia que transparece é que para a professora é absolutamente ocasional a designação de "princípio" ou de "lei" para o enunciado de Lavoisier acerca da conservação da massa nas reacções químicas. Tratando-se de alunos de 8º ano impõe-se rigor de linguagem, em particular quando tal implica aprendizagem sobre ciência. Tal questão levantaria um debate epistemologicamente sustentado de primazia teoria-experiência? ("lei",

experimentalmente estabelecida; "princípio" como ponto de partida teórico para a experimentação?).

O mais notório nesta aula é que se repetem exercícios da mesma natureza e, no final, não se pode deixar de ser sensível à persistência de dificuldades nos alunos.

96/01/25

O sumário é "entrega dos relatórios". A aula desenrola-se numa sequência de alunos no quadro acertando equações químicas. Trata-se de resoluções em série, para treino, em que sobressai a ideia de aprendizagem entendida como memorização por repetição, neste caso de um método de acerto de equações, que após tal número de exercícios perde a referência às questões que lhe deram origem. Ganha significado epistemológico de conhecimento definitivo e estático, a situação em que a professora diz: *"o raciocínio é sempre o mesmo, a única diferença das outras que temos feito é que esta tem mais... a maneira de fazer é exactamente igual"*.

Ao longo do episódio a professora constata as dificuldades dos alunos, mas não as compreende e mostra atitudes de desespero. A questão que se levantaria prende-se com a resposta à questão "sobre que significado dos aspectos tratados e sobre que motivação para a aprendizagem assenta este treino?".

96/01/26

O sumário é "conclusão do sumário da aula anterior". Trata-se da última aula de resolução de exercícios sobre acerto de equações de reacções químicas na sequência do estudo da lei de Lavoisier. Sobre tal assunto a professora apenas coloca os alunos a acertar equações de reacções químicas de forma repetitiva, estereotipada, já afastados da situação inicial teórica e/ou experimental, e nunca coloca aos alunos questões sobre outros aspectos e problemas, no sentido de desafios e de discussão de ideias.

O método é o mesmo de aulas anteriores, garantindo-se a ida de todos os alunos ao quadro. A questão inicial é sempre "se está de acordo com a lei de Lavoisier?" e a

forma é, também, sempre a mesma. Daí que ressalte a preocupação dos alunos em obterem formas de resposta que possam dar resultado em situação de avaliação:

> *A- (lugar) Oh stora se nos aparecesse isto bastava dizer que está contido na teoria?...*
>
> *P- Que está de acordo?...*
>
> *A- De acordo com a lei de Lavoisier?*
>
> *P- O facto de nós dizermos que está (...) Nós já sabemos o que a lei de Lavoisier nos diz. Então, será mais correcto dizer que está de acordo com a lei de Lavoisier.*

A aluna utiliza a palavra "teoria" e a professora não é sensível a esse aspecto. Apenas a conduz à forma que é habitual: "está de acordo com a Lei de Lavoisier".

A certificar a ideia de grande quantidade de exercícios já resolvidos está o desabafo de uma aluna: *"Tenho duas folhas cheinhas"*. Contudo, ressalta a sensação de que os alunos não compreendem o que fazem e tal não passa de uma forma mecânica de resolução de exercícios afastada de qualquer entendimento das ideias subjacentes. Por exemplo, mesmo no final da aula e em vésperas de ficha de avaliação, um aluno, lendo a equação de reacção química com a colaboração da professora, no membro dos produtos da reacção lê incorrectamente o sinal de soma. A professora não relaciona com o significado da equação representando uma reacção.

> *A- Dióxido de carbono... reagindo com...*
>
> *P- Não, não, não é reagem! (os alunos também se manifestam) Quem reage são os reagentes... o sinal mais do lado direito significa e, ou, mais... originam duas moléculas de dióxido de carbono e duas moléculas de água.*

No final desta aula volta a ideia do estudo de assuntos de forma estanque em função do teste de avaliação:

> *P- Vocês não se esqueçam, não se esqueçam... eu depois na segunda-feira...*
>
> *A- O que é que é para estudar?*
>
> *P- Vem a partir dos átomos para a frente.*
>
> *A- Dos átomos já não vem?*
>
> *P- Vem.... É do átomo para a frente.*

96/01/30

A aula de revisões para o teste de avaliação reforça-nos a ideia já apresentada em episódios anteriores de como a professora entende o conhecimento e a aprendizagem. Já vamos num número elevado de aulas "gastas" no mesmo assunto, com o mesmo método de treino mecânico.

É bem delimitada a matéria para o teste, *"da página 54 à página 68"*. Os alunos não sabem bem "o que deram".

Em relação à revisão que é feita, para a professora surge em termos de "quando eu pergunto... vocês respondem..."; para os alunos é "se perguntar... como é que se responde".

Um episódio epistemologicamente com algum significado diz respeito à questão da lei de Lavoisier. A professora apresenta-a como tendo implicações... Agora pretende que os alunos refiram a lei de Lavoisier em termos de conservação de átomos, quando não foi feita tal abordagem, mas sim na perspectiva da conservação da massa. Embora para a professora, com a questão teórica da matéria corpuscular seja evidente, para os alunos torna-se complicado, tanto mais que não foi tratada dessa forma, considerando o ponto de partida da teoria cinético-corpuscular da matéria mas a ideia operacional do balanço da massa, apesar de a teoria ter sido dada, mas de forma isolada.

Na sequência do aspecto anterior a professora fala da teoria cinético-corpuscular. Os alunos já nem se recordavam! Um tal episódio é revelador de que para a professora é importante a consideração da teoria, mas em termos de definição, e não transposto para uma prática de ensino coerente com a perspectiva epistemológica que a reclama como ponto de partida.

Episódios a que assistimos nesta aula de revisões mostram-nos uma professora preocupada com o sucesso dos alunos, mas incapaz de compreender as dificuldades por eles manifestadas: *"Eu quero que vocês entendam. Não ponham lá essas caras... Têm é que dizer como é que se sentem"*.

A professora confunde a justificação com o método de acerto de equações:

E como é que nós vamos conseguir que a massa total dos átomos dos reagentes seja igual à massa total dos átomos dos produtos? (12:00) É pondo exactamente o mesmo número nos reagentes e nos produtos. A única forma de conseguir que aquelas massas sejam iguais é ter exactamente a mesma quantidade de átomos de um lado e do outro.

Em episódio próximo do final da aula, é manifesto que os alunos ainda não compreenderam a exigência da professora que agora mudou a "forma de justificar" o acerto de equações de reacções químicas com a lei de Lavoisier... (exigência de um modo único de resposta) embora queira passar a imagem da existência de "uma lógica das coisas". Para a professora deve justificar-se em termos de conservação de átomos; os alunos insistem na questão da conservação da massa. Os seus argumentos e as suas razões vêm da aula em que foi iniciado o estudo da lei de Lavoisier e agora é a professora que pretende alterar o que estabelecera:

P- (...) Está de acordo com a lei de Lavoisier ou não?

A- Não.

P- Então mas porquê?

A- Então porque... os produtos da reacção... não... a massa dos reagentes não é igual à massa...

P- Então?! Não sabes a massa deles, como é que sabes que a massa daqui... (silêncio) Estão a ver?

A- A massa dos reagentes é igual à massa dos produtos da reacção.

P- E o que é que isso tem a ver com a massa?... João?!

A- A massa total dos reagentes é igual à massa dos produtos.

P- Como é que tu sabes isso? Reparem uma coisa: vocês não decoram a lei de Lavoisier por decorarem. Tudo tem uma lógica e vocês (39:00) acham que há uma lógica entre dizer que aquela equação está de acordo com a lei de Lavoisier porque a massa é igual?

A- Não. Pois não.

P- Onde é que vocês ali... vêem que a massa é igual? Onde é que está a lógica dessa afirmação, Ricardo?

A- Conta-se...

P- Conta-se o quê?... As contas do terço?... E porque é que contando os átomos nós ficamos a saber que a massa é igual ou não?

A- (...)

P- Sim. Porque é que nós para saber se a massa é igual ou não, temos que contar os átomos? (silêncio)

A- (..)

P- Mas porquê? Podíamos contar estrelas!... Se contássemos estrelas ficávamos a saber se a massa ali é igual?...

Aliás, tal é igualmente notório aquando da correcção do teste, na aula seguinte:

P- (...) falámos da lei de Lavoisier, que relaciona a massa total dos regentes com a massa total dos produtos... depois de eu insistir na aula sobre estas coisas... eu não queria que me justificassem se as equações estavam certas ou não, apenas dizerem que a massa total dos reagentes é igual à massa total dos produtos... Ainda há pessoas aqui que são mais teimosas do que eu! (barulho; alunos chamam a professora) Eu disse-vos na aula (...) o seguinte: é evidente que está correcto quando vocês dizem: a massa total dos reagentes é igual à massa total dos produtos. Tudo bem, só que vocês ao olharem para a equação química, como não têm lá valores de massa, não é pelo valor da massa que vocês vêem se a equação está certa, vocês contam os átomos; é muito mais lógico, muito mais correcto, justificar que a equação está certa porque o número de átomos é igual, e assim a massa também é igual.

A- Não houve aparecimento...

A- Oh stora, não podia ser? Oh stora, (11:00) não houve mudança das substâncias?

P- Assim, assim...

A- Mais aquilo dos átomos...

P- Pois... (aula de 96/02/01 sobre a correcção do teste)

A professora avança com exemplos do que vai pôr no teste:

P- O que eu vou fazer, provavelmente, será dar o nome de uma substância, de um composto iónico, dar-vos uma tabela de iões e pedir para vocês escreverem a fórmula química desse composto... e posso fazer também o contrário, que é pôr lá uma fórmula química e vocês escreverem o nome do composto.

A aula de revisões é passada, em especial, a repetir exercícios semelhantes aos já realizados, em série, em aulas anteriores.

96/02/01

Sumário: "Teoria das colisões. As reacções químicas e a energia".

Para a professora, "dar" a teoria das colisões parece ser "falar dela", "dizer" aos alunos o seu enunciado...

Mas a aula começa com os alunos a perguntar se o assunto é da Física ou da Química, ao que a professora responde que se trata de um capítulo da Química, aportando uma ideia de separação entre as duas matérias de estudo. É aliás o próprio Programa e os Manuais escolares que muito as dividem e portanto surge à professora, como natural, este desenrolar capítulo a capítulo, numa perspectiva cumulativista do conhecimento.

Antes de entrar no assunto a professora refere situações sobre o teste de avaliação que fora na aula anterior. Os alunos teriam "errado ainda" as lineares questões que tanto tempo tinham gasto em sucessivas aulas de exercícios e revisões, e que a professora alertara que sairiam no teste e como se lhes respondia. Ali, os alunos queriam explicar porque tinham feito da forma que o fizeram mas a professora nunca lhes deu tempo para apresentarem as suas razões. É ela que volta a repetir a forma estereotipada, provavelmente correspondente a uma imagem de saber definido, definitivo e verdadeiro.

P- Então por que é que fizeram assim?

A- (5:00) Porque assim... (...) Oh stôra, eu acho que...

P- Na aula nós fizemos assim. Calma... Cloreto de alumínio... (escreve no quadro)

A- E eu escrevi assim.

P- E eu dizia assim, a fórmula química deste composto é... era isso que tínhamos dito na aula... (alunos fazem barulho, chamam a professora)

P- Diz lá, Ricardo. Pouco barulho!... (...) Fizeste isso. Quem é que não fez isso? Levante o dedo. Quem é que só fez isto, ou seja quem viu quem eram os iões (6:00) e depois passou... (...) Tinhas a tabela e depois com a ajuda da tabela escreve as fórmulas químicas dos compostos iónicos, e tinhas os nomes... e "os marmelos" não fazem aquilo!!... Aquilo das folhas foi uma ilusão óptica... e agora... explica-me, porque é que nós depois de tanto massacre nisto... porque é que fazem?... Eu quero saber, preciso de compreender... vocês não puseram o dedo no ar? Porque é que vocês fizeram?... Pior ainda, porque é que na alínea d), eu dava as fórmulas e era

para vocês darem os nomes, porque é que vocês punham aquilo ao contrário? Nos compostos, nós falámos sempre, sempre, sempre aqui na aula...

A sensação que nos invade é que a inquietude manifestada pela expressão, amiúde, da professora de não compreensão das dificuldades dos alunos venha a contribuir para alterar a sua forma de estar no ensino e a procurar o que lhe falta em termos de saber didáctico, se tiver oportunidade de situações de formação interessantes.

Há aspectos de falta de rigor em que a professora não repara, parece por vezes que devido a uma certa fragilidade de formação científica. Mesmo quando parece que se apercebe da incorrecção não lhe consegue pegar e fazer os alunos explicitar devidamente as suas ideias e repor o rigor necessário.

A- Não houve aparecimento...
A- Oh stôra, não podia ser? Oh stôra... (11:00) não houve mudança das substâncias?
P- Assim, assim...
A- Mais aquilo dos átomos...
P- Pois...

O episódio que nesta aula é relevante é aquele em que podemos analisar a forma como é introduzido o tema sumariado: Teoria das colisões. A professora tenta colocar uma questão chamando-lhe exactamente isso:

Bom, nós temos andado a falar de reacções químicas e põe-se exactamente uma questão um pouco... vocês afinal de contas... como é que nós lá por juntarmos umas substâncias como é que ocorre a... uma reacção entre e... e será que se juntarmos duas quaisquer substâncias há obrigatoriamente reacção entre elas?

Não sabemos se significa problematização. De qualquer modo os alunos ainda iniciam uma tentativa de sugerir as ideias que têm acerca do assunto, mas a professora aceita apenas as que dão continuidade à ideia que pretende desenvolver. Dado o clima de barulho na aula (sobretudo na sequência de ter falado da ficha de avaliação) é forçada a interromper, a quebrar as ideias que pretendia apresentar.

Usa explicitamente a palavra "teoria". Porque é assim que é apresentada no Programa e no Manual? Fica a ideia de que a teoria parte de factos, numa visão empirista da construção do conhecimento, ou a palavra facto, tal como é usada pela professora, pretenderia significar princípio, ideia?... e o que ocorre é uma imprecisão de linguagem que pode acarretar dificuldades nas imagens que vão passando para os alunos e que, simultaneamente são reveladoras de que estes aspectos epistemológicos não são conscientes por parte da professora.

Relativamente ao aparecimento da teoria das colisões é usada a expressão *"é então que surge"*, como se se pudesse dizer "aí está ela", de repente, surgindo de forma óbvia, evidente, fácil, única, verdadeira, em que a realidade se espelha... Não há contexto para o aparecimento da teoria!

Sobre o significado epistemológico da importância e utilidade da teoria a professora diz que a teoria das colisões *"é uma teoria que tenta explicar porquê, porque é que as reacções químicas ocorrem"*.

Quanto ao uso de modelos, chama-lhe *"exemplo muito simples, um esquema"* e como já noutras situações ocorrera, alerta para que a função do modelo é que "*dá perfeitamente para vocês ficarem com uma ideia do que acontece*", num afloramento de uma postura realista ingénua. Usa, contudo, o termo *"simbolizam"* referindo-se ao modelo didáctico das bolinhas.

É usada a palavra "hipotético", que soa estranha aos alunos, que a questionam. A professora dá como sinónimos os termos: Possível e provável, embora pareça que o usara com o sentido de "aleatório". Em seguida justifica que tal termo vem da palavra hipótese mas não explica o sentido desta última, ou fica com o possível e provável, e não no âmbito da hipótese como guia para o eventual estabelecimento de uma teoria.

A professora ignora o que os alunos vão dizendo. Apresenta o conhecimento não problemático, definitivo. Um aluno chega mesmo a dizer: *"Oh stôra, não é assim"*, continuando a professora a desenrolar o seu fio do saber, de forma retórica, em que as questões que põe não são para obter respostas. Os alunos, apesar disso, explicitam as suas ideias:

P- (ignora o que o aluno diz) Elas vão chocar umas com as outras, está bom? E o que é que lhes acontece a seguir ao choque?
A- Há uma explosão.
A- Há uma pequenina explosão.
P- (Sem atender ao que os alunos dizem) Aquele choque vai provocar... (17:00) vai provocar a separação daquelas bolas... e depois novamente a união... voltam a juntar de forma diferente...

A professora desenvolve o esquema do jogo das bolas de bilhar como modelo das reacções químicas explicado pela teoria das colisões, mas o ambiente de barulho não permite um clima de aprendizagem propício. Não consegue interessar os alunos pelo assunto. Como em situações anteriores, esperam pelo desfecho para então decorar e servir-se desse conhecimento na situação de teste de avaliação. Parece compensar aguardar o final para a professora explicitar "o que é preciso saber". Do modelo, o que fica para os alunos são as imagens do jogo de bilhar e não a utilidade da visualização que permite para a compreensão das reacções químicas, (descritivo da aula - 19:00) apesar de a professora recorrer a exemplos adicionais.

Usa bem o termo analogia. Mas este, como outros conceitos, não é explicitado de forma intencional e perde-se muito do significado possível.

E esse início de jogo do bilhar é muito idêntico ao que... é idêntico, não, é uma analogia possível que se pode fazer com o que acontece com as reacções químicas. Elas vão chocar... A tacada que nós damos no bilhar no início do jogo...

Perde-se bastante da ideia de modelo explicativo quando a professora afirma categórica, em ar de desfecho: "*e as reacções químicas não são mais do que rearranjos que os átomos fazem entre eles*", faltando referir "quando interpretadas pela teoria das colisões".

Como em outros episódios a experiência é valorizada como cerne, e portanto o que se recorda de uma situação, passado algum tempo, são aspectos operativos, visuais: *"quando fizemos aquela experiência do erlenmeyer"*.

As debilidades didácticas e científicas vêm ao de cima em certas generalizações apressadas e ausências de rigor no discurso. Veja-se por exemplo a situação em que a professora fala da reacção entre o nitrato de chumbo e o iodeto de potássio, e sobre o assunto explica: *"Fomos nós que os tivemos que pôr em contacto. Assim que eles entraram em contacto, chocaram e baralharam-se todos, voltaram a rearranjar-se... Isto assim com moléculas é uma coisa super-rápida."*, ficando a ideia de ser sempre assim "com moléculas", embora vá tratar as questões de velocidade de reacção em aulas próximas.

De encontro à nossa ideia de que existe uma ausência de consistência epistemológica na professora vem, por vezes, a alternância de situações de inconsistências epistemológicas com situações interessantes e claras, embora o efeito destas sobre os alunos seja diluído pelas outras: *"E a teoria que explica as reacções químicas através de choques, através de colisões... chama-se naturalmente, então?... Teoria das?... A- Colisões."*.

Uma ideia que sobressai é a de conhecimentos sequenciais a passar para os alunos, dessa forma, coincidindo com a sequência programática, caracterizados pelo método do "dizer" e do prestar atenção, e que consideramos responsável por boa parte da falta de interesse manifestada.

A professora revela preocupação com a aprendizagem dos alunos mas é notório o seu afastamento de questões centrais nesta matéria. Por exemplo, pergunta se estão a perceber os "termos", quando o que fez foi uma longa explicação sobre transformações de energia. Sobre as classificações das reacções químicas em exo e endoenergéticas a professora faz uma longa exposição retórica. Trata-se de alunos de 8° ano de escolaridade e o assunto requeria outra forma de abordagem que mais os interessasse. Os alunos não compreendem. Após a palestra da professora concluem, como não pode deixar de ser no contexto criado, que em qualquer reacção química a energia dos produtos é igual à energia dos reagentes. Na explicação deste assunto, a professora pretendeu reduzir a interpretação à aplicação da lei de Lavoisier, como a partir daí, em

aulas seguintes, vai continuar a fazer. Explica, então, algoritmicamente, o balanço de energia na reacção química:

> *P- Bom, então dividiram as reacções químicas, todas elas, em dois... em reacções exoenergéticas e reacções endoenergéticas... e o que é que quer dizer: uma reacção se... (39:00) numa reacção exoenergética há uma libertação de energia e se há libertação de energia isso significa que a energia que havia do lado dos reagentes vai... é maior do que a que havia do lado dos produtos, parte foi libertada para o exterior. Eu sei que isto é difícil... mas estas reacções libertam energia, ou seja, depois de ocorrer a reacção, temos os produtos, há... a reacção... larga parte da energia... portanto, a energia toda que havia do lado dos reagentes tem que ser maior do que a que depois existe do lado dos produtos, aceitam ou não? Tenho aqui (escreve no quadro) reagentes a dar produtos da reacção. Vai haver uma libertação de energia, vai-se formar produtos (40:00) e vai-se libertar... o que eu vou designar aqui por um E. Essa reacção vamos formar produtos e vamos liberatr energia. É uma reacção exoenergética. Mas pelo tal nosso teorema... da lei de Lavoisier tudo se conserva, ou seja, na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma (alunos acompanham no coro); isto não é só em relação à massa mas em relação à energia. Se eu tenho aqui os produtos que têm uma certa energia, eles próprios, e libertei energia (toca) esta energia há-de ser maior ou menor que a dos reagentes?*
>
> *A (imediatamente) - Igual.*
>
> *P- Não, esta energia...*
>
> *A- É igual porque...*
>
> *P- É igual à energia dos produtos mais a energia que libertamos (explicando o algoritmo matemático) Este com este... e este aqui?... Este é a soma destes dois...*
>
> *A- Libertou-se energia.*

96/02/02

Apesar de a professora considerar tratado o assunto da energia nas reacções químicas, o sumário é "conclusão do sumário da aula anterior" e vai recapitular o que deu na última aula. As habituais dificuldades manifestadas pelos alunos vêm ao de cima numa resposta dada, quando a professora pergunta "*o que é que não entenderam na aula anterior?*": "*Nada*"!

Nesta aula, parte do tempo é dispendido a tentar resolver problemas de indisciplina acumulados que já envolvem Director de Turma e pais de alunos. Um episódio interessante, que não se pode deixar de referir, desenrola-se quando a professora, em desespero, pergunta aos alunos: *"O que é que vocês acham que nós devíamos fazer?... para que as coisas corressem normal? (os alunos riem)"*. O diálogo que se segue é significativo de um entendimento do ensino e da aprendizagem pela professora:

> *A- É deixar... (riem)*
> *A- Cala-te João.*
> *P- Ãh? (fica em silêncio; os alunos também; dura pouco tempo o silêncio)*
> *A- A stora é que sabe!*
> *P- A stora é que sabe, não!... Fazem as coisas mal e podiam fazer bem melhor.:. (...) o que ele estava a dizer tem toda a razão... porque eu ponho no sumário pouca matéria e se eu pudesse, eventualmente, dar a matéria mais depressa, sem interrupção, iríamos ficar com tempo no final da aula. Acabava a matéria e depois podíamos fazer jogos, ficar à conversa...*
> *A- Yes!*

A resposta dada pelo aluno *"A stôra é que sabe"* apela para a necessidade de competência profissional da professora. Relativamente ao modelo de ensino preconizado, o interessante da aula seria ter tempo para conversar e fazer jogos acabada a matéria, uma vez que esta e a metodologia usada, não despertam interesse nos alunos. Tal é revelador de uma transmissão para aquisição do saber de forma linear, por memorização, na senda do discurso do modelo tradicional.

Relativamente à estratégia usada a própria professora parece não lhe reconhecer eficácia, uma vez que *"Eu tive a... perfeita noção, ontem, que aquilo que eu disse sobre reacções endo e exoenergéticas, eu tenho a certeza que não entenderam"*.

A professora convida um aluno a falarem da combustão no motor dos automóveis, por ter surgido essa questão. Os alunos interessam-se por aspectos do domínio da tecnologia; a professora incentiva a que eles expliquem mas é notória a sua dificuldade no assunto; cometem muitas incorrecções e ausência de aspectos interessantes

relacionados com a combustão. A professora poderia ter remetido a questão para pesquisa em casa ou na biblioteca e ela própria se documentar, para se lhe poder dar a merecida atenção, uma vez que se trata de um problema que permitiria uma abordagem ampla no domínio da relação Ciência, Tecnologia e Sociedade, directamente relacionada com o tema em estudo. O que assistimos foi a uma apresentação simplista, com incorrecções e tendo unicamente uma função ilustrativa.

Uma imagem de dogmatismo do conhecimento científico passa quando a professora usa expressões como *"ninguém põe em causa"*, como acontece nesta aula (descritivos: 17:00).

Também nesta aula, como noutras já analisadas, a valorização da experiência, atribuindo-lhe um papel central, vem ao de cima. Neste caso a intenção de que nos apercebemos, poderia resultar, não fossem as incorrecções subsequentes, uma vez que a explicitação da montagem experimental tinha como intenção fazer sobressair o fornecimento de energia para que a reacção pudesse ocorrer. Na sequência desta ocorrência sucedem-se incorrecções científicas por parte da professora denotadoras de grande dificuldade e questões postas pelos alunos a que, de forma que não nos parece consciente, não responde adequadamente. Não pode ficar por ressaltar a ideia de que a reacção endotérmica é apresentada como precisando de *"energia para começar a reacção"* e na reacção exotérmica vai haver libertação de energia: *"essa energia ocorre antes de a reacção se dar ou depois? A- Depois. (27:00) P- A energia que eu estou a falar deve constar sempre depois de se dar a reacção"*. Ademais da ideia de substanciação, não há resposta à questão do aluno: *"Absorve para onde?"* (descritivo de 18:00 a 25:00). Já no final da aula a professora aceita a seguinte justificação dada por um aluno, aliás na sequência das explicações apresentadas por ela própria:

> *A- Como a lei de Lavoisier diz que os reagentes e os produtos de reacção têm a mesma massa, o mesmo número de átomos... se a reacção é exoenergética... se o reagente... a energia que vai dos reagentes... dá-se uma diminuição, logo os reagentes ficam com menos e por isso... tem que se acrescentar energia aos produtos (41:00).*

Agravante da confusão estabelecida a propósito da energia das reacções químicas, do conceito de energia de activação que o Programa sugere não abordar e dos conceitos de reacção endo e exoenergética, é o recurso à lei de Lavoisier para explicar as questões relacionadas com a energia das reacções que a professora mantém até final da aula, para explicar os balanços energéticos nas reacções químicas. Vêm ao de cima concepções alternativas identificadas como a ideia de energia como um reagente ou um produto, sequencialidade da reacção química etc. (ver o descritivo da situação).

De vez em quando, ao longo da aula, professora e alunos envolvem-se em questões de comportamento, resultantes da falta de interesse manifestada por estes.

96/02/06

Nesta aula o sumário é "conclusão da aula anterior. Factores que influenciam a velocidade das reacções químicas". A professora vai explicar pela terceira vez consecutiva a questão da energia nas reacções químicas. O tempo para tratar os assuntos de forma mais apropriada é muitas vezes indicado pelos professores como o principal factor impeditivo. Nesta sequência de aulas assistimos sempre a um desperdício de tempo advindo da selecção de estratégias meramente expositivas ou de aparente diálogo que, longe de se tornarem breves e economizadoras de tempo, se têm vindo a mostrar factor de demora. A professora sempre se dá conta das imensas dificuldades dos alunos, que de uma vez para a seguinte, não se resolvem. O que eventualmente fica, acaba por ser a definição, um produto acabado, marcante de uma forma de entender a ciência como corpo estável de conhecimentos. De qualquer modo, a professora mantém esta forma, assunto após assunto, sempre com situações, a vários níveis, semelhantes.

Nesta aula a professora repete a explicação já dada, usando o mesmo método, mas repreende logo de início os alunos, imputando aos seus comportamentos a responsabilidade pela não compreensão do assunto. Recorre de novo à lei de Lavoisier, embora sobressaia mais do que em anteriores situações a ideia de conservação (da energia). Ora, não se chama lei de Lavoisier à lei (princípio) da conservação da energia.

Parece que a falta de formação, científica e no âmbito da História da Ciência, torna a situação muito difícil de gerir e as incorrecções científicas muito abundantes.

É na sequência destas ideias por parte da professora que um aluno, inevitavelmente, tira a seguinte conclusão: *"A energia dos reagentes é igual à energia dos produtos"* (9:00) e por mais que a professora tente acrescentar que há energia que se liberta, tal soa aos alunos como muito forçado. Uma imagem da ciência, difícil e inacessível, passa necessariamente para os alunos.

A redução algorítmica acaba por ser inevitável reforçando a imagem da ciência a traduzir fielmente um real organizadíssimo, espartilhado pela matemática. De tal modo que a professora "não ouve" a questão colocada por um aluno: *"Stôra, mas se a lei estiver errada?"* e que poderia conduzir a um interessante e pertinente diálogo acerca da natureza do conhecimento científico, uma vez que os termos lei, princípio, teoria... surgem com alguma frequência no discurso da professora e do manual dos alunos.

A própria professora tem alguma dificuldade em manter um fio condutor congruente. Vai insistindo na ideia de *"para isto ser igual"* mas na situação das reacções endotérmicas a situação torna-se ainda mais artificial.

As situações criadas poderão vir a acarretar muitas dificuldades futuras aos alunos com ideias incongruentes e difíceis de compreender e de desmontar.

Por fim surge a situação do estudo para o teste. Aparentemente a professora opõe-se "ao decorar" mas no fundo a imagem que passa é a de conhecimento definitivo e em pacotes de matéria que se sucede.

Ainda nesta aula, e conforme foi sumariado, a professora inicia o estudo da velocidade das reacções químicas. O método volta a ser o mesmo, por recurso ao aparente diálogo, aceitando as respostas que considera certas e conduzindo os alunos para uma definição final. Inicialmente, aliás como recomendado nas propostas metodológicas do programa, a professora tenta que os alunos façam o paralelo com o conceito de velocidade de um automóvel. A professora, na habitual tendência de separar contextos, chama-lhe a velocidade na Física *versus* a velocidade na Química, que é a das reacções químicas. Inicialmente os alunos reagem com entusiasmo e participam no

diálogo tentando esclarecer a situação. O tempo da discussão alongou-se em demasia e o entusiasmo inicial dos alunos foi-se perdendo. Mantiveram-se à volta da definição que seria "a correcta" e os alunos não viam já a forma de resolução, passando então a dizer "o que lhes vinha à cabeça". Por fim é já a professora que sente que eles estão *"para aí a dar palpites"* e acaba por resolver a situação escrevendo a pretendida definição no quadro, que merece da parte de um aluno o desabafo: *"Nunca me deixou falar!"*.

Com tal estratégia que se vem tornando a habitual, o que a professora obtém é um conjunto de alunos desinteressados pelo assunto, saturados de dar palpites sem estrutura e organização mental, contrários às atitudes científicas de pensamento, acabam por sair agitados e o que lhes resta, se resta, da aula, é a definição de velocidade de uma reacção química e uma imagem da ciência como coisa de pouco interesse feita de saberes definitivos, e nada mais!

96/02/07

Trata-se de aula prática com a presença de apenas um turno dos alunos da turma. No sumário escreve-se: "Realização de duas experiências sobre as reacções e a energia". Logo o sumário evidencia dois aspectos com sentido epistemológico. Um deles é a separação da teoria e da prática, uma vez que em termos teóricos o assunto estava já encerrado e com ele se haviam despendido três aulas, seguindo-se agora o tratamento prático. O outro é a valoração da experiência em si, a ela se limitando o trabalho experimental, logo sobressaindo, pela forma como a ela se refere a professora. Ao longo da aula mantém-se a ideia que faz sobressair a experiência em expressões como *"Vamos então fazer as experiências"*, *"O que é que eu vou fazer? Esta reacção consiste em juntar (6:00) o óxido de cálcio que está aqui, a cal viva..."* valorizando "o fazer", por si só.

Trata-se de demonstração em que a professora prepara o material para mostrar aos alunos; a participação deles resume-se a colaborar como suportes técnicos, seguindo a receita ou para mostrar aos colegas e para confirmarem aspectos para que a professora

chama a atenção. A natureza confirmatória da experiência é evidenciada por palavras da professora:

> *Bom isto já chega... e agora vamos colocar um pouco de água... se o nosso objectivo é estudarmos as reacções em termos energéticos... esta reacção só tem uma das duas hipóteses, ou é?... exoenergética ou é endoenergética (os alunos também repetem). Nós vamos ver então se esta reacção é endo ou exoenergética (coloca água e agita) (8:00) (dá a um aluno)*
>
> *A- Cá para mim é a água. (um aluno levanta-se para preparar outra reacção)*
>
> *P- Não há problema, esta reacção tem que ser exoenergética. (fala para o aluno) Mas de forma a que todos vejam (9:00) (alunos fazem comentários; riem todos) Essa está quente!... (Dá a um aluno para que toque) Ora ponham lá a mão... (...) Esta reacção como viram, libertou energia. Por isso é uma reacção?...*

Simultaneamente, no discurso anterior, damos conta do uso do termo "hipótese" querendo significar "alternativa", uma vez que a formulação de hipótese como guia da experiência não existe na situação. É ainda notória a ideia de valorização da perspectiva de análise sensorial da experiência conducente às conclusões que se pretendem inequívocas, escondendo o erro ou ultrapassando-o pela autoridade do saber da professora.

Para os alunos sobressai o interesse lúdico da experiência e a imagem de instrumentalismo da ciência. Os alunos movem-se num clima de brincadeira.

Sucedem-se, com a realização das experiências, situações de notória valorização da observação como forma de aquisição de conhecimento.

Na segunda metade da aula a professora deixa a reacção a decorrer e "aproveita o tempo" para rever aspectos relativos à velocidade das reacções químicas que iniciara na aula anterior. Promete aos alunos que na semana seguinte, na aula prática, realizarão experiências com a intenção de *"explicarem ao outro turno... um ou dois factores"*. Manter-se-á a mesma divisão entre teoria e experiência: *"Hoje vamos explicar teoricamente aplicando a teoria das colisões, como é que cada um desses factores influencia (32:00) a velocidade das reacções"*. Em seguida a aula prática tem uma função confirmatória e ilustrativa da teoria. Nesta aula refere explicitamente que *"nós*

temos que decorar aquilo que diz a teoria das colisões" e enquanto um aluno tenta dizer, a professora vai tratando do material experimental e informando os alunos do valor da leitura no termómetro.

96/02/08

O sumário da aula é: "Explicação dos factores que influenciam a velocidade das reacções químicas segundo a teoria das colisões". Não se explicam os factores mas antes a forma como influenciam a velocidade das reacções químicas com base na teoria das colisões. A linguagem faz prever uma abordagem mais factual que conceptual, partindo dos factores para a explicação em vez de partir da teoria para previsões acerca da influência dos factores na velocidade da reacção.

Embora a professora comece por perguntar *"o que é que nos diz a teoria das colisões"*, revela uma abordagem retórica, da definição para a explicação e daí para a confirmação e ilustração pela observação/ experiência. As dificuldades evidenciadas pelos alunos são de natureza já apontada em outras situações: Não decoraram ainda e não compreenderam. Do que retiveram por memorização não conseguem articular, por ser vago e desprovido de sentido e pela forma como lhes surge, desligado de qualquer contexto.

De tentativa em tentativa, os alunos acabam por se referir à teoria como: "*Os choques dos reagentes têm que ser eficazes para haver reacção química*". A própria professora enuncia dessa forma:

> *A teoria das colisões diz que para haver uma reacção química significa... para haver produtos da reacção, as partículas dos reagentes têm que chocar entre elas e os choques têm que ser eficazes de forma a formar novos rearranjos (8:00) que são os produtos de reacção.*

A forma como admite o enunciado da teoria das colisões reforça a ideia de sequencialidade das reacções químicas: em primeiro lugar destróiem-se todas as

moléculas dos reagentes e em seguida organizam-se todas as moléculas dos produtos da reacção.

A ideia de avaliação como aspecto final do processo de ensino e aprendizagem faz com que sempre se faça referência aos testes de avaliação.

A professora não utiliza e não valoriza as ideias dos alunos e estes ficam com as suas posições e as suas dúvidas não resolvidas ou, por vezes, com as suas ideias reforçadas.

No diálogo que se desenvolve os alunos têm que adivinhar as palavras que a professora pretende. A discussão é arrastada como em outras situações que não resultaram. Os alunos por tentativas, aproximam-se ou afastam-se da resposta (única) considerada adequada, num entendimento de saber feito, definitivo, linear. O resultado é a transformação da situação num jogo em que a participação dos alunos se faz "na base do palpite".

Partindo da ideia de que os alunos são possuidores dos princípios que sustentam a teoria das colisões e percebem o valor explicativo e preditivo de uma teoria, seria epistemologicamente interessante partir para o que se segue na aula: *"Então agora, segundo isto que nós estivemos a ver vamos justificar a forma como vários factores influenciam a velocidade das reacções."*. Mas o que se perfilara uma forma interessante, desmoronou-se na consideração de um saber demonstrativo e confirmatório, factor após factor, de forma linear: *"Vamos começar pelos reagentes..."*. E envereda pela descrição das experiências que o Manual dos alunos apresenta e que promete que realizarão na semana seguinte. As experiências do livro são apresentadas na base de uma epistemologia valorizadora da observação e da constatação de factos, de cariz ilustrativo. Não há previsões, nem planificação experimental pelos alunos. O envolvimento e participação destes resume-se a confirmarem o que já está anunciado:

> *Bem... na página 71... na página 71... está lá uma experiência... uma experiência que fazemos para a semana...*
> *A- Ah, é aquela!*

> *P- Que consta... que demonstra que de facto a natureza dos reagentes influencia a velocidade com que se dá a reacção química. E então o que é que se vai fazer?... Em dois tubos de ensaio colocam... no primeiro, ácido clorídrico e no segundo tubo de ensaio ácido nítrico... em ambos os tubos de ensaio colocam (vai vendo pelo Manual) um pedaço de zinco, igual nos dois tubos e o que é que (23:00) nós conseguimos observar? Observa-se, e nós vamos ver isso em cada turno, que num tubo a reacção vai-se dar muito mais rapidamente do que no outro... E neste caso qual é?*

Nesta aula, como já surgira noutros episódios, a professora tenta travar o entusiasmo dos alunos quando eles falam de situações quotidianas, fazendo a separação entre "o que é" e "o que não é" conversa de sala de aula.

A professora não aceita as ideias dos alunos. Parecem-lhe absurdas e mostra-se indignada com as interpretações que eles avançam com base nas suas ideias próprias. Na defesa de um conhecimento estandardizado a ser passado sem problematização nem discussão, parece rejeitar tudo o que não segue directa e linearmente para o estabelecimento de saber cientificamente aceite, acabando por ser ela própria a aportar essa explicação (Descritivo de 28:00 a 31:00).

Um episódio que de início se encaminhava para encontrarmos uma estratégia epistemologicamente sustentada é aquele em que a professora pergunta:

> *como é que nós justificávamos essa reacção química entre o zinco e o ácido nítrico... e o ácido clorídrico, segundo a teoria das colisões? (33:00) (...) entre o zinco e o ácido nítrico que é muito mais rápida do que a segunda. Porque é que isso acontece? E como é que nós podemos justificar isso segundo a teoria das colisões?*

Não obtém resposta e em seguida descamba-se para uma situação caricata de que os alunos fazem um aproveitamento lúdico. A professora coloca-se com ar de quem dorme enquanto aguarda a resposta dos alunos e eles imitam-na... Acaba por ser a professora a trazer a resposta estereotipada, antes de passar para a página seguinte do livro dos alunos para mais uma dose de matéria.

A professora usa a analogia dos troncos de madeira a arder, desenhando no quadro a situação, para explicar a influência do estado de divisão dos reagentes na velocidade de

reacção. De novo se assiste a ideias aportadas pelos alunos que não são admitidas pela professora. O desfecho, conduzindo-nos à ideia de dogmatismo do conhecimento científico, é feito pela professora. Para trabalho de casa os alunos levam a tarefa de *"tentarem justificar segundo a teoria das colisões os restantes factores"*. Reforçando a imagem de saber aproblemático e dogmático numa perspectiva de causa a efeito, a professora esclarece que *"a justificação é sempre a mesma para todos"*.

4.3.2. Perfil Epistemológico

I- Metodologia Científica

A- Pluralismo Metodológico

Não é transportada para a aula qualquer abordagem intencional à questão da metodologia científica. A imagem passada pela professora é de estreiteza metodológica numa ausência de referências à actividade científica de construção do conhecimento, nem em termos actuais nem em termos de referência histórica.

No trabalho prático a demonstração tem o significado de mostrar/apresentar e surge como tal sem explicitação de opções metodológicas.

Transparece ocasionalmente uma metodologia linear que pode deixar a ideia de se seguir um método sequencial, único útil para obter conhecimento a partir do trabalho experimental. Aproxima-se, neste campo, de uma epistemologia mais empirista ou, talvez, mais ingénua.

O percurso é sempre demasiado rígido conduzindo os alunos por um dogmatismo cerrado, um determinismo ingénuo que aflora na linguagem da professora e no treino algorítmico de resolução de exercícios "tipo". A utilização do diálogo muito conduzido de forma fechada pela professora é a modalidade de estratégia mais utilizada permitindo pensar que a sua ideia de aprendizagem é muito tradicional, numa perspectiva transmissiva, em que aos alunos bastaria estar com atenção para que o saber, que é exclusivo do professor, fluísse para o aluno.

B- Relação Teoria/Observação/Experimentação

É qualitativa e quantitativamente valorizada a observação sobre a problematização e considerações teóricas. Podemos tomar como aproblemáticas as situações propostas pela professora para experimentação. São situações muito lineares com um papel e função ilustrativa e confirmatória. É principalmente centrada no produto final que conduz à confirmação do corpo de conhecimentos científicos, e não nos processos e suas interrelações.

Há claramente uma sobrevalorização da observação sobre a teoria, principalmente pelas atitudes e palavras da professora que assim fez passar para os alunos a ideia da sua importância. Nunca ocorreu confronto com os aspectos teóricos.

Na experimentação a professora centra-se nos aspectos técnico, operativo e descritivo. Nem mesmo a observação é planeada ou ocorre de forma atenta e cuidada. A hipótese nunca surge como condutora e orientadora do trabalho experimental. A previsão não tem lugar. Não há discussão sobre resultados obtidos.

A confusão de conceitos com sentido epistemológico (lei, teoria, teorema, princípio, hipótese) é reveladora de um posicionamento mais ingénuo e caracterizado por ausência de fundamentação epistemológica, que propriamente de um posicionamento empirista, embora venha ao de cima a valorização da observação como fulcro da construção de conhecimento e o valor opinativo, de base sensorial.

A professora interessa-se muito pelo Relatório mas ele surge com uma característica de elemento pedagógico, trabalho de casa ou elemento de avaliação pontual, contendo passos/parâmetros definidos a serem preenchidos de forma sequencial independentemente da tarefa. A experiência surge como passo principal, realizada para recolher dados observáveis e passivos que não são antecedidos por uma questão problema, nem por previsões, nem por planeamento mas como confirmatória e principalmente ilustrativa de uma aula aparentemente mais "actual" (perspectiva estritamente pedagógica). Apesar de o Relatório conter uma "introdução teórica" esta não é mais do que um aspecto formal que não serve de orientação para a condução da

experiência. Investe-se mais no "como" do que no "porquê". O termo "discutir", usado com frequência pela professora, tem o significado de "apresentar".

II- Dinâmica da Construção do Conhecimento

C- Contexto e Estrutura da Descoberta

É positivo encontrar alguma referência à História da Ciência (HC). Contudo, a imagem que passa é a de descoberta bem situada e com nome inequívoco, ocorrida de forma imediata e isolada por um sábio de alta estirpe.

É, ainda, notória a dificuldade da professora em abordar questões no âmbito da HC.

Não ocorre contextualização nem é evidenciada uma estrutura para a descoberta e a criação, nomeadamente de uma teoria científica.

Não são utilizados recursos didácticos envolvendo material histórico, em situações de aprendizagem que o reclamariam, e em que tal é abundante.

A utilização precária da HC surge com uma função ilustrativa.

D- Dinâmica Erro/Verdade

A professora, longe de valorizar e explorar a situação de erro (as CA dos alunos, situações experimentais, etc) tenta, guiando de forma cerrada, evitar erros no percurso dos alunos. Evita o erro e sobrevaloriza a condução operativa rigorosa da experiência perturbando-se com a ocorrência de qualquer incidente não previsto.

A atitude da professora é de camuflar imprecisões e erros reforçando a verdade que conduz a um conhecimento em forma de verdade absoluta, representando o mundo real um livro aberto. Esconde os erros e reforça as verdades, numa aparente ideia behaviorista de valorizar o conhecimento certo.

A imagem da ciência que assim passa é a de um conjunto de certezas contemporâneas que a professora possui e que pode ser passado acriticamente para os alunos. Situações de erro são evitadas, ignoradas ou contornadas.

Sendo esta a atitude revelada pela professora está completamente afastada a intencionalidade da exploração por situações de erro intencionalmente criadas.

III - Face Humana e Social da Ciência

E- Imagem dos Cientistas e Papel da Comunidade Científica

Dentro da precaridade de uso de aspectos no âmbito da HC, um dos aspectos referidos foi o da existência de uma sociedade científica como lugar de filtragem do conhecimento científico. Trata-se, mesmo numa dimensão reduzida e sem notarmos que tal é intencional no contexto da aula (não terá sido planificado), de um aspecto com interesse. É uma imagem simplista, facilitista, patética mas que tem o mérito de fazer passar uma imagem de encontro social dos cientistas e de não isolamento destes.

Passa uma imagem gloriosa de Lavoisier, descobridor de leis e proferindo belos discursos na sociedade científica do seu tempo.

Nas apresentações de resultados dos alunos não passa a imagem de discussão e controvérsia na comunidade científica, mas a de "programa-concurso de TV" que se afasta da imagem da comunidade científica e cujo confronto com essa vivência nunca foi alertada.

A intencionalidade da comunicação de resultados de forma crítica nunca foi referida.

F- Relação/Interdependência Ciência, Sociedade e Tecnologia

Não é explorado pela professora o aspecto da relação CTS.

Algumas situações teriam sido propícias mas a exploração foi precária. Resumiu-se a passar a imagem da ciência como saber feito, indiscutível, quase sempre acrítico. A imagem possível foi a de uma tecnologia subserviente e subproduto da ciência.

Passou a ideia de contextos separados para a Natureza e para a Química, estabelecidos e reforçados pela professora. A imagem é a de um contexto próprio da Química, passado na sala de aula, diferente do contexto da vida humana, tornando assim

difícil fazer passar uma cultura científica próxima do que é significativo para as pessoas e perceber a sua importância e interdependência.

O saber surge espartilhado, sequencial e numa perspectiva cumulativista.

4.4. Professora C

4.4.1. Análise da Prática de Ensino

10/5/96

A primeira aula analisada tem como sumário: "Teoria cinético-corpuscular".

É legítimo criar algumas expectativas quanto ao conteúdo epistemológico. Trata-se de ensinar aos alunos uma teoria científica. É a oportunidade de passar imagens sobre ciência de forma articulada e no cenário de uma teoria científica que passará a constituir a base de referência obrigatória para a Química, cujo estudo os alunos estão a iniciar.

A professora inicia a aula com a resolução de um exercício sobre diluição, terminando a correcção da ficha de avaliação. Faz uma orientação numa forma algorítmica, de passo em passo da resolução. As interrogações são muito fechadas, tratando-se quase sempre de frases por terminar que os alunos devem completar. Há uma aparência de saber por parte dos alunos que provém da metodologia de resolução. É a professora que regista no quadro, mas é algum aluno que dá a resposta pretendida. À resposta correcta segue-se o registo; eventuais respostas "incorrectas" são ignoradas. Apesar disso, a professora manifesta alguma estranheza porque os alunos não sabem responder de imediato às suas perguntas, referentes a passos ordenados da resolução, como se existisse uma regra. Termina por reduzir todo o percurso à questão, numa imagem de valorização exclusiva do produto: *"Qual é a fórmula? Concentração da solução fica... ou é igual a quê?"* Atente-se no seguinte extracto da aula:

> *P- E ficou 0, 01 dm^3. Isto agora já está (...) Temos que separar aqui a nova solução; pronto, então com aqueles dados o que é que vais calcular? A massa de soluto.*
>
> *A- Uma regra de três simples.*
>
> *P- Uma regra de três simples (...) Então vá: é ao gosto dele. Como fica então, vai... (.../...)*
>
> *P- Então, oh Luís, que farias para calcular a concentração da nova solução? Qual é a fórmula? Concentração da solução fica... ou é igual a quê?*

A- Massa de soluto sobre volume da solução (professora repete a fórmula).

P- Então fica igual a quê?

A- A concentração é igual a dois gramas sobre 0,04 dm^3.

P- Ou seja, o que é que fizeste antes de efectuares os cálculos?

A- Reduzi.

P- Reduziste 40 cm^3 a dm^3. Fica?...

A- 0,04.

P- 0,04 dm^3. Então, 2 gramas sobre 0,04 dm^3, isso dá?

A- 50 g/dm^3.

P- 50 g por dm^3. Ora bem, oh Luís, seria de esperar aquele valor?

A- Sim.

P- Porquê?

A- Porque...

P- Porquê, Rita? O volume (...) à concentração da solução.

A- Porque o volume da solução aparece no denominador.

P- Porque o volume aparece no denominador da expressão e então o que é que acontece ao volume?

A- O volume aumentou quatro vezes.

P- Porque passou de 10 cm^3 para...

A- 40 cm^3.

P- 40 cm^3. Então se o volume quadriplicou então o que acontece à concentração da solução?

A- Vai dividir e ser a quarta parte.

P- Vai passar a ser a quarta parte do valor inicial da sua concentração. (8:00) Como a concentração da solução inicial era de?...

A- 200g.

P- Um quarto de 200 dá exactamente as...

A- 50.

P- As 50 g/dm^3, certo? Pronto.

Embora seja notória alguma exigência da justificação do percurso efectuado e do questionar o resultado obtido acaba por ser a professora a dar a resposta.

Tendo terminado a correcção da ficha de avaliação com os alunos, avança numa forma linear de desenrolar o Programa guiando-se, ou aos alunos, pelo Manual. De qualquer modo há um aspecto de cariz principalmente pedagógico que marcamos como positivo. A professora tem o cuidado de situar os alunos no Manual, orientando

principalmente os que têm um diferente. Apesar dessa orientação para o estudo em casa, pede aos alunos:

> *eu queria que os livros estivessem fechados para estarem com atenção ao que eu digo. Vai iniciar-se o que genericamente se costuma (10:00) designar por teoria cinético-corpuscular da matéria. Primeiro que tudo, se nós olharmos com atenção, ao fim e ao cabo, para o nome da teoria, se calhar já nos dão algumas ideias, que ideias vos dão?... ou se calhar não dão ideias algumas? Diz, Victor.*

Tal forma é indiciadora de uma perspectiva tradicional da aprendizagem. Basta ouvir com atenção o professor; o saber dos alunos está ausente e eles deveriam trazer as cabeças vazias para a sala na disposição de aprender, numa imagem empirista de obter conhecimento (no gesto do fechar o manual e estarem com atenção ao que o professor tem para dizer).

O assunto sumariado, teoria cinético-corpuscular, é iniciado pelo significado do nome da teoria, mas sempre utilizando a metodologia de "ir perguntando aos alunos". O significado de ouvir as ideias dos alunos é, porventura, uma aparência de um ensino moderno, em que os alunos podem falar. Mas as contribuições destes resumem-se a termos soltos, e o que a professora "aproveita" são aqueles que dão seguimento às suas próprias ideias, deixando cair os que, eventualmente, podiam constituir situações interessantes.

É sempre a professora que remata, numa forma linear, actual e aparentemente definitiva. Fica por esclarecer o que são corpúsculos, ou fica envolto em mistério, parecendo fazer parte do processo, a dificuldade de entender os assuntos (é uma imagem frequentemente passada sobre o conhecimento científico: ele é simples, mas inacessível a alguns; os termos estereotipados fazem parte desse hermetismo):

> *Vai iniciar-se o que genericamente se costuma (10:00) designar por a teoria cinético-corpuscular da matéria. Primeiro que tudo se nós olharmos com atenção, ao fim e ao cabo, para o nome da teoria, se calhar já nos dão algumas ideias, que ideias vos dão ou se calhar não dão ideias algumas? Diz, Vitor.*
>
> *A- Energia cinética.*

P- Ora bem, nós já falámos em energia cinética e vimos que essa energia cinética estava associada ao?

A- Ao movimento.

P- Ao movimento. Então quer dizer possivelmente... esta teoria que nós hoje vamos estudar também tem alguma coisa a ver com... movimento.

A- Movimento?

P- Mas a teoria é cinético-corpuscular.

A- (...)

P- Movimento dos corpos. Corpuscular é do corpo... que nos dá ideia?...

A- Corpúsculos.

P- É, não somos nós... mas são uns corpos especiais, não? São os?... Corpúsculos... e são os corpúsculos porque (...) a matéria e quando nós... eu... falo em matéria, eu falo em matéria indiferentemente, ou seja, o que vocês estão habituados a estudar nas Ciências, matéria viva, quer seja outra matéria que não esteja viva... E portanto quando se fala da matéria, fala-se em geral de tudo o que nos rodeia e portanto o que nós vamos ver hoje é então o que a teoria da matéria prevê e como é que ela admite que a matéria seja constituída, mas para isso já têm ideia que basta, que digamos assim, pensa um bocadinho em determinados fenómenos que ocorrem no dia-a-dia. Por exemplo, se abrirmos um frasco de perfume, o que acontece ao fim de algum tempo, Carlos?

O que é uma teoria? Como cresce e se estabelece? Que problemas e controvérsias suscitou e tem suscitado na comunidade científica? Que teorias e hipóteses foram abandonadas a favor da teoria em causa? Que modelos se imaginaram suportados por tal teoria? Qual o contexto social, cultural, tecnológico em que surgiu? Quais os princípios em que assenta? Que aspectos permite interpretar?... No final da aula, com pouca ligação e pouca coerência estrutural, surge uma referência histórica. Não em relação à teoria cinético-corpuscular, mas já de forma particular ao modelo atómico, embora partindo da "hipótese de que a matéria é constituída por partículas":

Oh Daniel, quando nessa altura falámos de átomos, eu disse exactamente que voltaríamos a falar deles em pormenor. Chegou agora essa altura. Eu não queria era deixar de falar o seguinte, (40:00) que esta hipótese de que a matéria é constituída

por partículas não é uma hipótese recente ou seja... já no quinto século antes de Cristo...

A- Quando?

P- Século quinto antes de Cristo. Já lá vão 25 séculos, aproximadamente. Já os filósofos gregos se preocupavam com o que constituía a matéria e admitia isso, ou seja... Shiiu João!... admitiram de facto que toda a matéria é formada por partículas muito pequenas que eles designavam por átomos. Só que os átomos, para eles... o termo átomo tinha um significado diferente do que tem para nós. Porquê? Porque o próprio termo átomo para eles significa partícula indivisível. O que é que isto quer dizer? Para os filósofos gregos, o átomo é a mais pequenina partícula de todas e portanto nós já não conseguiríamos dividir o átomo em partículas mais pequenas. Portanto para eles o átomo é uma partícula indivisível. Evidentemente que as coisas foram evoluindo e depois não nos cabe aqui fazer essa evolução. Depois vocês irão fazê-la e portanto, digamos, que se chegou a um modelo atómico que é hoje actualmente aceite e é então esse modelo atómico é que é que se admite. Tal como nós já vimos, já não considera que o átomo é indivisível. E não considera que o átomo é indivisível, porquê? Porque ele é constituído por partículas sub-atómicas, os electrões, os protões, os neutrões... que foram descobertos recentemente. O que é que acontece? Para nós, apesar de nós continuarmos a usar o termo átomo, para nós o átomo já não é partícula indivisível, porquê? (42:00) Porque, de facto, de acordo com o modelo actual, todos os átomos, sejam eles quais forem, são constituídos por uma região que é o núcleo, e à volta desse núcleo giram então os electrões. O que é que se sabe aí? Que estes electrões são partículas que têm... Oh Guilherme, assim não! Que os electrões são partículas que têm carga negativa e sabe-se ainda que no núcleo (escreve no quadro) existem então...

A- Neutrões.

P- Neutrões que como o próprio nome indica não tem carga, ou a carga neutra, e os protões têm carga positiva. Ora bem, mas agora a questão que se põe, é outra.

Sabem os alunos, de forma consistente, o que vão tratar e para quê, e porquê? As questões são significativas para os alunos? É útil o conhecimento que do estudo deste assunto lhes provém? E tem a professora consciência desses aspectos, sem os quais não ocorre aprendizagem significativa?

Neste caso, eventualmente a primeira grande teoria físico-química que é tratada com os alunos no 8º ano, poderia proporcionar-lhes uma imagem de ciência, de

construção do conhecimento científico e da importância do contexto nessa construção, adequada e consistente. Alguns aspectos interessantes são referidos, como se ilustra nos sublinhados, mas de passagem, crendo que a imagem deixada seja muito insipiente. A referência à História da Ciência é muito breve, não constitui uma opção estratégica mas um aspecto ilustrativo na estratégia de diálogo que se adopta praticamente de forma exclusiva.

São referidos os pressupostos da teoria. Embora de forma cientificamente aceitável para o nível etário dos alunos, o contributo para a formação de imagens mais consistentes poderia estar presente.

O "desenrolar" do assunto, na já apontada metodologia linear de questões sequenciais, faz-se numa imagem de confirmação da teoria pela experiência (descrita oralmente), porque *"se calhar para nós chegarmos a uma outra conclusão da teoria cinético-corpuscular... seria... nós podíamos fazer várias experiências, que todos vocês fazem... (~15:00)"*.

A dificuldade que apercebemos parece advir da falta de intencionalidade de contribuir para a criação, nos alunos, de imagens consistentes sobre a ciência. Tomamos tal aspecto como um indicador da ausência de consistência e consciência epistemológica na professora. A planificação do ensino não se mostra sustentada por uma orientação epistemológica.

Parece sobressair uma imagem de ciência como produto. Daí a nossa interpretação do método de ensino da professora como fazendo convergir o diálogo, intencionalmente, para conclusões a reter.

Um aspecto que não passa despercebido refere-se ao uso de termos "científicos", que conferem um "ambiente de aula de ciência", pouco usados no dia-a-dia dos alunos e sem "tradução" suficiente. Daí, parece-nos, resulta em boa medida, a dificuldade de os alunos construírem respostas organizadas, quando solicitados, pela falta de manuseabilidade dos termos "que é obrigatório usar", que constituem para o professor um estereotipo indispensável para tornar a sua linguagem científica. Referimo-nos a

"colidir", "vibrar em torno de posições de equilíbrio", "medida da energia cinética média das partículas"... (~22:00). Aliás, nesta situação a que estamos a aludir, deveria ser feita a referência ao modelo para a matéria, suportado pela teoria cinético-corpuscular. Ele está implícito, por exemplo, em situações como:

> *Se pudéssemos observar as partícular que constituem a água, a 50 ou 60 graus celcius, elas seriam as mesmas, é verdade, do mesmo tipo, formadas da mesma maneira, só que a 20 graus celcius elas iriam mover-se mais lentamente do que se movem a 50 graus celcius, certo? (~26:00)*

A teoria cinético-corpuscular é pré-requisito para a compreensão das reacções químicas e da escrita das equações químicas de forma dinâmica, assunto subsequente, e que vem a ser tratado de forma isolada deste.

Um aspecto que passa sem a necessária atenção diz respeito à frequente CA acerca do tamanho das partículas ser variável com a temperatura. A professora faz referência a esse aspecto, mas não explora. Consideramos indicador de que desconhece a existência de tal ideia na estrutura mental dos alunos; e que mesmo sabendo da existência de CA, elas estão ausentes da sua planificação e do seu ensino.

Considerando a forma metodológica seguida pela professora, embora ocasionalmente ocorram questões interessantes, o conjunto torna-se monótono, sequencial, linear; as perguntas são de resposta óbvia, outras vezes os alunos não sabem bem o que se pretende. Alguns nunca participam, limitam-se a ouvir e a esperar pelo produto na forma final, que sabem que virá.

A professora mostra-se preocupada com a aprendizagem dos alunos. São frequentes as situações em que pergunta se há dúvidas e/ou se perceberam.

Num episódio próximo do final da aula, e em função da seguinte, encontramos sinais de empirismo ingénuo, pelo uso acrítico, insistente, do verbo "ver" embora ele queira significar "dizer" ou "ouvir", mas pode ser revelador da importância que a observação goza no contexto da ciência, através do seu ensino.

96/05/14

É a lição número 104 com o Sumário: "Conceito de átomo - sua constituição. Símbolos químicos de alguns elementos".

A professora inicia a aula retomando o assunto anterior e para tal pede algum *feed-back* aos alunos. Sobre o tema, uma aluna relembra que "falaram de partículas". Especificando: "de corpúsculos", refere outro aluno. A ideia global da teoria perdeu-se? A professora retoma-a, entende-se como implícito e subjacente a ideia dos princípios da teoria, mas há uma ausência de referente epistemológico que permite abordar o assunto actual da aula situado no contexto da teoria cinético-corpuscular, tratada na aula imediatamente anterior como mero assunto na sequência do Programa. Teria sentido o próprio significado de teoria científica, princípios...

A professora vai arrancando, a custo, os princípios da teoria, saltando de aluno em aluno, com pequenos contributos que revelam ausência de estrutura coerente em relação aos aspectos da teoria, tratados na aula anterior. Este aspecto liga-se directamente com a falta de articulação das respostas dos alunos. Estes dizem palavras soltas, quando deveriam ser incentivados a construir sentido para o seu conhecimento e consequentemente a organizar intervenções e respostas coerentes.

Um aspecto que se prende com o anterior diz respeito a incorrecções (ou situações que facilmente degeneram em concepções erróneas) geradas pela falta de consistência das respostas soltas dos alunos, que a professora não sistematiza. Tal refere-se, por exemplo, à identificação das partículas constituintes da matéria: Os átomos, as moléculas e os iões. Daqui se avança em direcção à constituição do átomo. Eventualmente teria mais sentido para os alunos passarem do macroscópico para o microscópico, das substâncias para as moléculas e destas para os átomos e iões?

Toda esta aula segue uma metodologia já habitual, apresentando a mesma forma de questionamento com perguntas curtas, directas, de completamento a que se seguem

respostas breves, principalmente de palavras soltas. Toda a transcrição da aula serve de indicador deste "falso diálogo" que identificamos como a metodologia adoptada.

A nossa ideia de um ensino linear e sequencial, diferente de planificação consistente e organizada mas problematizadora e significativa para os alunos, é reforçada por situações em que a professora organiza a matéria numa sequência oral, ordenada, simplificada, como, por exemplo, no episódio seguinte:

> *P- Mas já está aqui oh Victor, olha ali! Não sei se já ou queres escrever mais alguma coisa? (...) Em torno do qual ou em torno deste giram os electrões, certo? Diz?*
>
> *A- Os iões?*
>
> *P- Mas nós não chegámos a falar de iões, no próximo dia é que vamos (10:00) falar, mas primeiro vamos falar das moléculas e só depois é que passamos aos iões, já falámos na Física mas na última aula não, Victor. O que eu penso é que ainda não chegámos a dizer foi, ao fim e ao cabo, se todos os átomos são constituídos do mesmo modo, será que os átomos serão todos iguais uns aos outros?*

No diálogo assim conduzido gera-se uma ilusão de descoberta pelos alunos que vão respondendo às interrogações da professora. Não é contudo muito significativa tal forma uma vez que eles com frequência são chamados a prestar atenção ao discurso. Há um esforço da professora para manter os alunos atentos, aparentemente atentos. Por outro lado os nossos alunos estarão pouco habituados a outros estilos de aula que os implique de forma diferente numa aprendizagem significativa.

Há um episódio que indicia a linearidade e a sequencialidade lida no Programa ou no Manual, manifestando ausência de sentido epistemológico em tal leitura.

> *P- O Carlos está ligeiramente fora da nossa onda, está com atenção, oh Carlos, (18:00) nós estamos a falar de elementos quando tu falaste no dióxido de carbono e o CO_2 já é uma substância constituída por quê?*
>
> *A- (...)*
>
> *P- Por dois elementos, dizes bem, quais?*
>
> *A- O dióxido.*
>
> *P- Não.*

A- O carbono e o oxigénio (professora repete a frase)

P- Então podemos acrescentar ali, como elemento, o carbono cujo símbolo é C e o oxigénio cujo símbolo é O, chega. Diz?

A- Não leva um dois?

P- Não! Sabes porquê? Não, porque eles, estamos a falar de átomos e símbolos, quando nós passarmos para as moléculas e para as fórmulas é que hão-de aparecer esses índices dois, três e por aí adiante, depois é que vamos ver o que isso significa. Ora bem se nós olharmos para aqueles símbolos que estão ali, basta olharmos para aqueles, o que, como é que é constituído o símbolo do elemento?

A professora tinha oportunidade para falar do significado das moléculas das substâncias mas segue linearmente a sua planificação, limitando-se a responder vagamente ao aluno. Talvez uma forma mais significativa seria partir das substâncias e da constituição das substâncias para o nível microscópico e/ou fazer um percurso de abordagem histórica, relativamente à constituição da matéria. Tal teria conduzido a uma forma substancialmente diferente de abordar a teoria cinético-corpuscular.

Aliás, uma análise semelhante pode ser feita a propósito da constatação da ausência de referência histórica para o tratamento dos símbolos químicos. É um assunto recheado de polémica e de controvérsia, acompanhando as alterações da Química. A referência à universalidade dos símbolos químicos poderia estar imbuída de referência histórica, uma vez que se trata de um sintoma das necessidades da Química moderna. Há uma breve referência ao uso de letras do nome grego ou latino do elemento (~21:00).

A imagem de ciência feita de corpo de conhecimentos, na forma exclusiva de produtos, passa em situações como a do seguinte episódio:

P- Eles ligam-se de maneira diferente e não formam uma mistura mas uma substância, fiz-me entender? Ora bem, então nós podemos resumir aquilo que nós dissemos em relação aos símbolos, duas ou três coisas importantes que vocês têm de saber relativamente aos símbolos dos elementos, qual é a primeira ou a ordem não interessa (24:00) uma delas (professora apaga o lado esquerdo do quadro), então em relação aos símbolos o que é que nós vimos? (Professora começa a escrever no quadro)... símbolos, diz lá, David.

A- Que o seu símbolo químico tem a ver com o seu nome de origem.

P- Os símbolos químicos provêm? Diz...

A- Provêm do seu nome de origem.

(.../...)

P- Então como é que tu lês os símbolos dos elementos?

A- (...)

P- Uma letra separada de outra ou seja, então os símbolos soletram-se, isto é (professora escreve no quadro) lêem-se letra a letra, certo? Em relação aos símbolos acho que é tudo, por exemplo, posso apagar os símbolos?

Suponham por exemplo que eu tenho ou vocês (...) vos aparece (...) só isto (29:00) assim "Cl".

A- Cloro.

P- Que tipo de partícula é que aquele símbolo Cl representa?

A- Cloro.

P- O quê do Cloro?

A- Uma partícula.

P- Mas que tipo de partícula (...) como é que é?

A- Os átomos.

P- Os átomos, quantos átomos? (professora repete a pergunta duas vezes)

Trata-se de um resumo, entre muitas dúvidas e dificuldades manifestas, correspondente apenas ao produto, elaborado pela professora, com uma aparente colaboração dos alunos, evidenciador de dificuldades.

Em relação aos símbolos, a professora considera que "é tudo". Trata-se de uma perspectiva limitativa e estática do saber científico, quando está em cena um aspecto recheado de interesse para que os alunos possam ampliar os seus conhecimentos, que os interessaria certamente e que os encaminhava para uma pesquisa orientada para aspectos que não ficaram esgotados na sala de aula com a informação que a professora forneceu. É uma perspectiva de ensino tradicional limitado pelo discurso do professor, que esgota aquilo que os alunos devem saber e que lhes irá ser perguntado.

De seguida a professora recorre à caixa dos modelos atómicos. No seu discurso, sem que ocorra uma referência intencionalmente dirigida à categoria das entidades presentes e representadas, existe contudo algum cuidado em falar de *"átomos representados"*, *"representado a branco"*, *"estas esferas a branco que aqui aparecem*

mais, representam átomos de hidrogénio", etc.. Algumas vezes passa uma incorrecção de linguagem, a que a professora não presta atenção, denotando ausência de intencionalidade quando se refere às representações: *"Se eu tiver este átomo a preto representa átomos de?..."*, *"portanto o átomo preto representará sempre um átomo de carbono"*, etc..

É importante apontar a frequência com que a professora utiliza, neste troço de aula, a palavra "modelo" e "representação". Do ponto de vista epistemológico, a explicação da utilidade dos modelos inseridos na teoria que os suporta, seria muito importante.

O uso da palavra "hipótese" não tem, igualmente, o seu valor epistemológico associado. Aliás, a professora rapidamente se afasta da teoria cinético-corpuscular, cujos princípios tinham sido enunciados, para entrar numa algoritmização para as representações dos átomos e das moléculas.

Quando surgem oportunidades de colocar os alunos em confronto, tais oportunidades são desperdiçadas e rapidamente resolvidas, numa aparente lógica de linearidade e facilidade. Aparentemente a professora tem sempre uma intenção de simplificar os assuntos para os alunos, chegando a um limitado produto final a memorizar sob a forma de algoritmo. O saber arduamente construído, é apresentado de forma limitada e simplificada, como se o ensino tivesse a função de digerir ou filtrar o saber, poupando esforço intelectual aos alunos. A imagem da sala de aula é a de que os alunos não se interessam muito por saber e que a aprendizagem não consiste em desafios mentais.

Ocorre um episódio, a encerrar a aula mas com continuidade na seguinte, revelador da forma simplificada de abordar os assuntos que temos vindo a apontar, ausente de suporte teórico. Caracterizamos tal episódio como eminentemente empirista, suportado por um posicionamento de senso comum, despido de critério científico: *"No próximo dia quero que me dividam estas moléculas em dois grupos. Vão pensar no que é que põem num e que é que põem noutro, está bem? (professora recolhe os modelos)"*.

96/05/15

O sumário desta aula é ditado no início: "Conceito de molécula. Fórmulas químicas - Significado qualitativo e quantitativo".

Na aula será de esperar que os alunos compreendam o conceito de molécula e, na sequência, o significado qualitativo e quantitativo das fórmulas químicas. À pergunta da professora "*então ontem nós iniciámos o quê?*" um aluno responde que tinham começado os símbolos químicos. A professora remata que "*começámos e acabámos*" na perspectiva definitiva e limitadora do significado e natureza do conhecimento a ser aprendido, que temos vindo a evidenciar. Trata-se de um assunto com forte marca histórica que é encarado, pela professora, com um simplismo limitador. Aliás, logo na sequência de tal cena se fala de símbolos químicos a que tinham feito referência na aula anterior. O que fica é que o símbolo é *"constituído"* (termo que um aluno questiona) por uma primeira letra *"do nome do elemento em grego ou em latim"* e acrescenta o aluno: *"Letra maiúscula e a segunda ou terceira era sempre minúscula".*

Na abordagem de tal assunto seria importante a referência à Alquimia e à sua importância para a Química moderna, nomeadamente no que se refere à representação simbólica, domínio forte daquele saber ancestral, bem como a referência à alteração da nomenclatura e simbologia, no século XVIII. O que sobressai é uma perspectiva redutora da ciência que a limita à forma e conteúdo da actualidade e em definitivo; não uma imagem dinâmica da construção do conhecimento. O Programa não é ampliado pela professora mas antes limitado e circunscrito à visão apertada de uma ciência ingénua e despida de conteúdo ideológico (esta parece ser a principal marca da imagem de ciência veiculada).

Há uma ideia de sequência na aprendizagem e no ensino inferido do discurso que se segue: *"Ora bem, depois de nós termos falado em símbolos, nós dissemos o seguinte: se tivermos, por exemplo este símbolo H, representa o quê?"*, que prossegue da seguinte forma:

A- Hidrogénio (a professora escreve H no quadro)

P- Mas o quê de hidrogénio? (...) o quê de hidrogénio, Andreia?

A- O átomo.

P- O átomo de hidrogénio. Portanto isto do símbolo H, representa um átomo de hidrogénio (professora escreve a frase no quadro) Ora bem, mas se em vez de um tiveres, por exemplo cinco ou seis átomos de hidrogénio, o que é que tens de acrescentar ali?

A- Dois.

P- Eu quero cinco ou seis, não quero dois. Então escreves como? (...).

Trata-se de um falso diálogo, orientado de forma cerrada pela professora, em que são feitas perguntas de resposta evidente para alguns alunos, e nada evidente para outros, mas em que a professora aceita a resposta única que dá continuidade à sua questão (que traduz o seu pensamento?) (leitura do Programa = leitura do manual = forma única e universal de "dar" a matéria?). Assim, aparentemente, se vai avançando no assunto, embora esta forma seja acessível apenas a um ou poucos alunos, como nos apercebemos pelas intervenções repetidas de poucos e a ausência de intervenções da maioria (tal é mais perceptível pelo visionamento das aulas gravadas).

Há uma dificuldade conceptual revelada pelos alunos, mesmo para a linearidade (só) exigida pela professora. Afinal o símbolo "H" pode representar igualmente o elemento hidrogénio (tal como figura na Tabela Periódica), uma mole de átomos do elemento hidrogénio (ou a massa do átomo) e é muito reforçada a ideia de que representa um átomo de hidrogénio, sem deixar o campo aberto a outras representações.

É salientada por diversas vezes a ideia de modelo igual a representação, como convenção, *"convencionei então que esta esfera a branco vai representar então um átomo de hidrogénio"* nunca se fazendo referência ao quadro teórico prévio que o suportaria. Digamos que, passa mais a imagem de modelo didáctico do que de modelo científico. De qualquer forma a professora usa frequentemente o termo "representação" para se referir a entidades não directamente observáveis. Corre-se o risco de uma interpretação, por parte dos alunos, como se de uma réplica da realidade se tratasse, tornando-se uma representação isomórfica da própria realidade e não ideal e explicativa, em coerência com o corpo de princípios teóricos construídos pelos cientistas.

Um aspecto que pode merecer atenção, do ponto de vista de uma análise epistemológica, refere-se à "definição de molécula". Tal questão parece, em absoluto, referir-se à própria necessidade de estabelecer uma definição, uma vez que é gasto algum tempo nesse aspecto, em que o rigor não parece importante face à exigência de ser generalizável:

> *P- Foi. E quando é que nós dizemos que temos uma molécula?*
> *A- Quando os seis átomos de hidrogénio estão juntos.*
> *P- Bom... Poderia ser assim. Poderíamos ter uma molécula, quando por exemplo aqueles seis átomos de hidrogénio se ligassem todos entre si (...) estivessem todos juntos. Mas será que teremos sempre moléculas formadas por seis átomos?*
> *A- Não.*
> *P- Então temos que ter o quê?*
> *A- (...)*
> *P- Para que eu tenha uma molécula basta que tenha o quê, no mínimo?*
> *A- Mais de um...*
> *P- Mais de um pelo menos...*
> *A- Dois...*
> *P- Dois, mas como é que têm de se encontrar? Dois... Como é que esses dois átomos têm de estar um em relação ao outro? (...) Como é que os átomos têm de estar? Separados?... Juntos, ligados. Ora bem: eu posso dizer muito genericamente (...) uma molécula (...) a molécula é formada por...*
> *A- Vários átomos.*
> *P- Eu quando... eu digo vários... tem pelo menos dois átomos que têm que estar juntos.*

O conceito de molécula ligada à natureza da substância, não é considerado. Daí a definição conter os "dois ou mais átomos" e não considerar, por exemplo, nesta altura, a existência de moléculas monoatómicas. Posteriormente, tal surge quando se passa à valorização das designações através dos prefixos "di", "tri", "tetra", "poli"... surgindo então a necessidade da referência ao prefixo "mono". Podemos questionar se nesta altura é mais importante, e conduz a uma melhor compreensão do assunto, a questão da valorização exclusiva da existência de ligação entre átomos, ou se teria também sentido o assunto ser abordado e discutido a partir das substâncias, fazendo o percurso do

macroscópico para o microscópico (como aliás, neste caso, é o percurso proposto no Programa que se inicia com o estudo dos materiais e das substâncias e suas propriedades). Para a professora parece que as coisas se passam de forma realística no nível do microscópico, sem necessidade, para tanto, da consideração de uma teoria interpretativa. Vejamos como, ainda na sequência da designação para as moléculas, a professora "explica" tal questão:

> *Por vezes pode aparecer a designação de molécula poliatómica, que quer dizer que aquele conceito de molécula monoatómica vem contrariar aquilo que temos escrito que é: uma molécula é formada por dois ou mais átomos, mas existem aqueles elementos em que os átomos não se ligam e estão separados. São exactamente estes que estão no extremo direito da tabela e portanto para esses elementos nós por vezes também designamos por molécula monoatómica e portanto a molécula monoatómica será aquela que?... (~11:00).*

A forma como a professora se refere à contradição "entre o que já tinham dito e o que agora precisam de dizer", não contém uma discussão intencional sobre um conhecimento científico não dogmático, em que não há verdades definitivas (mas há em cada quadro teórico muita exigência de rigor!) mas, tal aspecto fica sem sentido conceptual. É o conceito de molécula que, afinal, não fica esclarecido e que mais tarde, ao longo de várias aulas se torna manifesto. Por parte dos alunos é notória a dificuldade em utilizarem tal conceito, posteriormente numa transferência para a escrita de fórmulas químicas e interpretação e leitura com base na compreensão do significado quantitativo e qualitativo (ver episódios posteriores) e a falta de rigor que tal abordagem introduz na sua linguagem.

A ausência da referência à substância é aqui considerável, preferindo limitar-se ao elemento. Fica, contudo, por esclarecer a própria noção de elemento!

Nesta aula ocorre um episódio que consideramos merecedor de uma leitura (que encerra um posicionamento) epistemológica. Atentemos na porção descritiva da aula que o sustenta:

Ora bem, nós ontem construímos várias moléculas que ainda aqui estão e eu disse-lhes para irem pensando como é que iriam dividir, não é? estas moléculas em dois grandes grupos, foi ou não foi? (...) (a professora entretanto procura na caixa as esferas necessárias para a formação de modelos de moléculas e coloca-as em cima da secretária)

Para além do significado que se possa atribuir à incorrecção de linguagem "construir moléculas" usada pela professora, um outro aspecto é relevante. Com base em que critério seria feita a divisão das moléculas representadas pelos modelos em "dois grandes grupos"? A professora sustentará a ideia de que observando atentamente as representações das moléculas expostas sobre a secretária nasceria a divisão em dois grupos? E por que não dividir em dois grupos em que num deles todas os modelos contivessem uma esfera branca (representando, por exemplo, o átomo de oxigénio)? De fora ficariam as que não contivessem tal elemento e constituiriam o outro grande grupo! Digamos que é uma forma muito empirista de encarar o conhecimento científico e a sua aprendizagem, esperar que da observação, sem outro critério de fundamento teórico, nasça o conhecimento.

O seguimento do episódio descrito anteriormente sustenta a leitura epistemológica feita e permite acrescentar outras vertentes à análise:

P- Um de cloro e outro de hidrogénio. É a molécula de cloreto de hidrogénio. (...) Eu baralho as coisas muito bem baralhadas e queria que ele me as dividisse em dois grandes grupos... Vá lá: dois grandes ou dois pequenos! Mas que me dividissem em dois grupos (...) Uma hipótese... Se não for essa, muda (...) Uma hipótese, David. Tens hipótese? (...) Talvez separar as moléculas dos átomos... Mas se eu fosse fazer isso, oh David, ficava por exemplo um grupo onde eu tinha estas três, formadas por dois átomos de hidrogénio, esta formada por dois de azoto e esta formada por dois, um de...

A- Cloro. (16:00)

P- E outro de...

A- Hidrogénio.

P- Portanto, digamos (...) podemos começar por aqui. Diz Ana.

A- É que os de oxigénio e de azoto são formados por dois átomos iguais.

P- E esta de oxigénio e de azoto são formadas por dois átomos iguais, esta é formada por dois átomos, mas...

A- Diferentes.

P- Se calhar, já poderíamos separar em dois grupos, num grupo colocaria quais?

A- (...)

P- Têm átomos diferentes e portanto eu colocaria num grupo todas estas, átomos de elementos diferentes, noutro grupo colocaria estas que são constituídas por átomos do mesmo elemento. Ora bem... Vocês fizeram bem a separação, porquê? Porque todas as substâncias, estas e outras que sejam todas moléculas...

A hipótese é considerada no sentido empírico, como passo intermédio, formulada com base em dados provenientes da observação e que se abandona uma vez confirmada (ou infirmada) igualmente com os dados provenientes da observação/experimentação.

A professora incentiva o aluno ao estabelecimento de uma hipótese, mas na ausência de critérios, é ela quem acaba por sugerir a via da divisão nos dois grupos pretendidos. Conduz o processo para o que inequivocamente pretende, que é chegar à classificação das substâncias em elementares e compostas (embora tal seja feito com as moléculas - usa-se, indiscriminadamente, o conceito de molécula e de substância). Os alunos lá vão dando as respostas pretendidas, consideradas adequadas, porque guiados para tal.

A aparência de descoberta, pelos alunos, que a professora lhes faz crer, mergulha num modelo de aprendizagem por descoberta (APD), enraizada numa epistemologia empirista/indutivista, mesmo que inconsciente, por parte da professora.

A professora usa com muita frequência o termo "representação" e algumas vezes o termo "modelo". Praticamente sempre usa o termo representação para se referir às moléculas como entidades abstractas, como já fomos referindo. Entendemos que tal significa um cuidado especial por ter noção de que "não são as moléculas que tem na mão". De qualquer modo não há referência ao modelo com o suporte de um corpo teórico no qual tem sentido usá-lo. Daí pensarmos, principalmente, que o uso dos modelos é encarado mais como recurso didáctico, porque largamente sugerido por Programa e Manuais Escolares.

Na sequência do episódio anterior, e na sequência, afinal, da aula que estamos a analisar, passa-se ao assunto "fórmulas químicas". É uma abordagem demasiado abstracta, descontextualizada... fórmulas químicas para representar moléculas, tão só. O assunto, que merecia um tratamento com recurso à História da Química, em particular ao domínio da Alquimia, em que a simbologia tinha um forte sentido, foi secamente introduzido pela utilidade que tem, de por si.

A lógica da actual nomenclatura para a escrita de fórmulas químicas assenta na mesma ideia de representação simbólica. Remonta ao início da Idade Moderna (século XVIII), com a equipa de Lavoisier e não foi de ânimo leve que tal nova simbologia foi introduzida no quotidiano dos químicos. Tem sofrido alterações. É um assunto não pacífico, ainda motivo de discussões entre cientistas. Para a professora é encarada como estanque, sem história e em definitivo.

Parece ser na lógica da utilidade académica que a professora distingue entre símbolos e fórmulas:

> *usando uma fórmula química como é que eu posso representar duas moléculas? (.../...) Fiz-me entender? Ora bem, só uma pequenina diferença. Enquanto isto... nós dissemos que só designava por símbolos químicos, e o símbolo químico representa sempre um átomo de determinado elemento e eu aqui já não tenho símbolo, eu já tenho uma fórmula química, e a fórmula representa o quê?*

A partir daqui inicia-se um longo treino de representação simbólica de átomos e moléculas, revelando da parte dos alunos muitas dificuldades conceptuais quando o contexto se altera, ainda que ligeiramente, para desespero da professora:

> *E portanto nós já vimos que as substâncias elementares são quais?....*
> *A- São aquelas que são compostas.*
> *P- Acabo de falar de substâncias elementares e confundi-las com... Oh Ana! Não pode ser! Portanto (*escreve no quadro) *as substâncias elementares são substâncias quê?*
> *A- (...)* (mostra admiração)
> *P- Substâncias constituídas por quê?*
> *A- Átomos iguais.*

P- Substâncias elementares, Ana. Está aqui, olha aqui, substâncias elementares são constituídas por um único elemento químico (26:00)

Segue-se a organização e preenchimento de um quadro que tem o valor de um exercício sistematizado de treino. A partir daqui inicia-se a resolução de exercícios, o que se vai manter por algumas aulas sem mais informação e sem outras situações novas.

Com eventuais recursos aos modelos didácticos a que já nos temos referido, surgem mais alguns episódios passíveis de interpretação epistemológica. Reforça-se a ideia de que a professora usa com algum sentido os modelos didácticos e que o termo "representação" é aplicado com frequência. Falava-se da representação da molécula de oxigénio:

P- Oxigénio, então uma molécula de oxigénio, como é que é constituída a molécula de oxigénio?

A- Dois átomos de oxigénio (professora repete a frase e vai completando a tabela)

P- Como é que eu os posso representar?

A- Duas bolinhas.

P- Duas esferas, quê?

A- Maiores do que as de cima e... a vermelho.

P- A outra qualquer cor, não interessa, elas não têm cor...

A ideia de saber feito, definitivo e aproblemático surge, por exemplo, quando a professora "avança" no assunto que definiu para tratar com os seus alunos:

P- Ora bem, então deixamos as elementares e agora... já vimos alguns compostos nos modelos moleculares e vamos passar então às substâncias compostas (...) (alguma agitação)

A- (...)

P - Oh Ana, esses orifícios é onde vão encaixar depois os átomos que eu tenho de ligar. Portanto se não fosse assim não era possível a ligação estabelecer-se, tem de ser assim. Ora bem, continuando.

Na porção transcrita são ainda salientes outros aspectos. Um deles tem a ver com a agitação que vai crescendo entre os alunos. Sendo embora um aspecto de peso

pedagógico, tal parece advir da falta de significado do assunto para os alunos. A ciência torna-se monótona, ausente de interesse e até de utilidade, pela imagem que é passada, de aparente aproblematismo do assunto em estudo. Os alunos começam a interessar-se pelos modelos, em si, como objectos lúdicos mas que não têm oportunidade de explorar, e desviam a atenção para questões como sejam os orifícios para a ligação de uns aos outros. Tal vem depois revelar alguma falta de clareza/rigor na explicação fornecida pela professora em que, num aparente realismo ingénuo, se confunde ligação química e ligação entre as esferas, sem que seja esclarecido o valor e apontadas as limitações do modelo, à luz de um quadro teórico que o sustente.

Um aspecto que vem de encontro a ideias já avançadas na análise desta aula é que, muito da concepção de ciência e de conhecimento científico veiculados, tem a ver com produtos a reter, tanto quanto possível algoritmizados:

> *P- Ora bem, depois disto vocês fazem aqui outro quadro... que eu vou tratar de (...) Vou substituir aqui substâncias elementares... (.../...) Vamos então agora aqui substituir, substância composta (apaga no quadro a parte da tabela relativa a elementar e substitui por composta) Constituição da molécula? Não percebi?...*
> *A- O resto é tudo igual?*
> *P- O resto é tudo igual. Só que em vez de ser com substâncias elementares, não... (~38:00)*

Os alunos parecem não entender a lógica da organização do segundo quadro sobre o primeiro, o que permite supor que não compreendem bem o que estão a tratar. A professora, embora considerando que não seja de forma consciente, pretende deixar aos alunos uma porção delimitada de saber inquestionável, linear, repetitivo...

Na parte final da aula aumenta a confusão e o barulho, não habitual, aliás, nas aulas videogravadas desta professora.

96/05/16

Lição número 106: "Conclusão do sumário da aula anterior: substâncias elementares e substâncias compostas".

Tinha sido a aula com a turma dividida. A professora lança uma questão, que pode ser considerada interessante, à partida, para retomar o assunto deixado na aula anterior: "*Então o que é que nós vimos, ou o que é para ti uma molécula?*". À resposta do aluno: "*Um conjunto de átomos*", a professora segue uma via de confirmação daquela resposta linear, com aspecto de definição fechada, e avança encaminhando o diálogo para o que tinha previsto, e abrindo, sem se aperceber, de novo, a questão da consideração de moléculas monoatómicas: "P- *Um conjunto de vários átomos*".

O conceito de molécula foi deficientemente retomado. Já na sequência, há uma aparente compreensão do assunto por parte dos alunos, mas uma vez que é o mesmo aluno que vai dando resposta às perguntas da professora (perceptível pelas imagens), em relação aos restantes não podemos inferir que já "saibam" igualmente o assunto. Tal episódio conduz-nos a questionar o papel do professor na aprendizagem dos alunos. Faz pensar, para a escola, num papel reprodutor de desigualdades, uma vez que os que já sabem ou têm mais condições para aprender em casa, têm sucesso e os que não sabem à partida, também não têm grande oportunidade de aprender. Há ainda a discussão possível em torno do significado construtivista da aprendizagem: a ilusão do saber por uma via de apropriação memorística de um conhecimento acabado e aproblemático que não é construído numa interacção de argumentos aportados pelos alunos e pela professora.

A questão, que em termos científicos e epistemológicos poderá ser ainda discutida, por ter um alcance maior do que o aparente, é a que diz respeito à definição de molécula, que é passada. Pode encerrar uma perspectiva de regra em que a monoatómica representa a excepção que, numa perspectiva marcadamente empírica-indutivista, é admitida (não há regra sem excepção!).

A segunda aula sobre representação simbólica de moléculas (de substâncias elementares e compostas) é feita de, e com, exemplos somados. Digamos que se trata de treino sobre o assunto, o que é pedagogicamente muito importante quando o assunto foi conceptualmente compreendido. Nesta situação não parece que os exemplos tenham esse papel, mas antes que a professora veja nesta forma um modo de "aprendizagem" do assunto. Do ponto de vista epistemológico tal acerca-se de uma visão indutivista, a caminho da generalização. Após vários exemplos detectam-se alunos que usam tais aquisições de forma impensada, como palpite, na esperança que saia certo:

> *P- Aqui na segunda coluna era a constituição da molécula. Então vamos lá. Quantos átomos tem esta molécula no total?*
> *A- Quatro.*
> *P- Quatro. São todos iguais?*
> *A- Não.*
> *P- É uma substância?...*
> *A- Elementar.*
> *P- Elementar?! Ela é uma substância composta. Então vamos lá ver. Tem quatro átomos e, como é que estão distribuídos estes átomos?*

A professora não questiona a resposta do aluno, fazendo-o reflectir sobre a sua própria ideia e apresentar argumentos para tal afirmação. Não explora o "erro", mas de imediato o substitui pela "verdade", e prossegue. Mas admira-se com ele! Este aspecto conduz-nos a pensar que a professora está particularmente preocupada com a questão científica, corpo da ciência, e não reflecte sobre a forma de aprendizagem dos alunos.

Um outro episódio, aliás em termos de significado epistemológico já repetido, aquando da análise da aula anterior, diz respeito à questão do tratamento ahistórico dos símbolos e fórmulas químicos. A nomenclatura é uma questão complicada, embora aparentemente linear, suportada por convenções, mas assente num quadro teórico sobre a organização da matéria. No episódio, a "construção" do modelo da molécula de amoníaco conduzira ao surgimento de "H_3N", com o respeito pela posição dos elementos na Tabela Periódica. A professora simplesmente refere: *"P- Eu vou pôr a*

ordem ao contrário. Um de azoto e três de hidrogénio.", e é tudo. Mais à frente, na sequência do preenchimento do quadro já iniciado na aula anterior, quando a professora pergunta a fórmula desse mesmo composto, um aluno responde: "HN_2". O que parece é que simplesmente o aluno não ouvira, não participara do desenvolvimento da aula. Mais uma vez a professora não explorara a situação de erro, do ponto de vista da nomenclatura, que, quer da perspectiva pedagógica quer epistemológica, teria conduzido a aprendizagem mais duradoira e mais significativa. De forma algorítmica os alunos são conduzidos à representação tida como correcta para registarem na tabela.

Noutra situação de representação de mais um exemplo, o aspecto que temos vindo a discutir acerca da nomenclatura dos compostos, é de novo contornado, embora a professora se aperceba, eventualmente, da questão:

> *P- Álcool etílico. (.../...) Dois de carbono. Temos que começar por esses mesmo. Mais?*
>
> *A- Seis de hidrogénio...*
>
> *P- Seis de hidrogénio e?...*
>
> *A- Um de oxigénio.*
>
> *P- E um de oxigénio (8:00) Ora bem, quais são aí os átomos centrais? Digamos assim....*
>
> *A- Os de carbono.*
>
> *P- Temos dois átomos de carbono. Depois a esses dois átomos de carbono o que é que está ligado?*
>
> *A- Cinco de hidrogénio.*
>
> *P- Cinco de hidrogénio.*

A professora orienta e dirige os alunos através de questões fechadas, de resposta inequívoca, repetida para avançar. Trata-se de uma ilusão de descoberta para os alunos.

Numa situação posterior, mas integrando o mesmo episódio, a professora pergunta se perceberam. É, como temos vindo a realçar, notória a preocupação com a aprendizagem dos alunos. Contudo não parece consciente da natureza das dificuldades

que estes apresentam e por tal, não são ultrapassadas. Em resposta à pergunta, vem ao de cima a permanência da dúvida:

> *P- Portanto, ao fim e ao cabo, aquelas são... ou é, a fórmula molecular do álcool etílico. Há algumas dúvidas em termos de fórmulas? Diz lá, Alexandre.*
> *A- Nada, stôra.*
> *P- Nada, de certeza? Diz, Rita.*
> *A- Como é que nós sabemos a ordem?*
> *P- Como é que nós... Ah! É verdade! É evidente que não tens que saber isso de cor mas, digamos, se eu te der a constituição da molécula para tu me representares a fórmula, eu tenho o cuidado de ao escrever, portanto... dou-lhe já aquela ordem que aparece na fórmula molecular. Por isso é que eu à bocado, quando o Hugo dizia, tenho três de hidrogénio, eu comecei primeiro pelo azoto, porquê? Porque eu estava a pensar que na fórmula ele aparecia em primeiro lugar. Portanto, tu para saberes a ordem basta... seguires... a ordem com que eu faço a descrição da constituição da molécula. Está bem? (10:00) Pronto.*

A professora encontra uma forma muito linear, aparentemente simples, de contornar a questão. Sempre que possível evitam-se as situações problemáticas dando uma imagem de ciência dogmática, acabada, com resposta para tudo (mesmo que a lógica só seja acessível à professora!).

Igualmente nesta aula permanece o uso frequente dos termos "representação" e "modelo", sem referência ao suporte teórico, num aparente isomorfismo com a realidade.

Há uma situação em que perpassa uma dose de realismo ingénuo associado ao discurso da professora: *"E a este de oxigénio está ligado o outro de hidrogénio. É evidente que o aspecto da molécula não é rigorosamente o que ele tem ali, mas digamos que se assemelha"*, como se o que a ciência fizesse fosse uma descrição da realidade tal qual ela é. A consideração de uma teoria interpretativa, esta produzida pela ciência em gesto de criatividade que não se pode subestimar, está ausente.

O assunto parece ser encarado não de forma a criar interesse nos alunos mas por obrigação de cumprimento do Programa ou de sequência do Manual. A professora

parece ter uma sequência a transmitir, deixando passar uma ideia de sequência alinhada de matéria, que não deve fugir a esse ordenamento.

> *P- (10:00) Pronto. Ora bem, faltou-nos no último dia... faltou-nos, quer dizer... aquilo que eu queria falar a seguir tem a ver com, ainda com as fórmulas moleculares. Quando nós temos, por exemplo, uma fórmula deste tipo, (escreve no quadro) CH_4, independentemente do modo de vocês saberem ou não ao que corresponde aquela molécula, substância... mas se vocês olharem para aquela fórmula, CH_4, ficam de certeza a saber qualquer coisa em relação à substância. O quê, Ana?*

Não há dúvida de que a fórmula molecular dá informações sobre a substância (propriedades físicas e químicas) mas não é a este tipo de informações que a professora, na situação, se refere, mas antes ao significado quantitativo e qualitativo da fórmula molecular, conforme sumariara. Tal equivale a uma confusão de entidades pertencentes a níveis diferentes, microscópico ou macroscópico. Mais à frente os alunos usam o termo "substância" agora já em vez de elemento! A professora usa indiscriminadamente fórmula molecular (ou molécula?) e substância:

> *P- Então quer dizer que qualquer fórmula molecular tem um significado quantitativo. Porquê? Porque nos indica o número de átomos que constitui a molécula. Mas eu ainda fico a saber mais. Ainda fico a saber o quê, em relação àquela substância? Diz-me (dirige-se a um aluno).*
>
> *A- Número de átomos de carbono e de hidrogénio. Um átomo de carbono e quatro de hidrogénio.*
>
> *P- Mas eu preferia que agora não me falasses em números porque o CH_4...*
>
> *A- É constituída por átomos de carbono e átomos de hidrogénio.*
>
> *P- Ou seja, aquela substância é uma substância de que tipo?*
>
> *A- Composta.*
>
> *P- Porque é constituída por?...*
>
> *A- Por duas substâncias diferentes.*
>
> *P- Atenção! As substâncias não são constituídas por substâncias.*
>
> *A- Moléculas.*
>
> *P- As substâncias são constituídas por... átomos. Por átomos de quê? Shiiu. Oh João, atenção! Se queres falar (...)*

A- Ele disse uma coisa e pôs-se a olhar para mim.

P- Vá lá, caladinho, deixa-te de cantigas. As substâncias são constituídas por quê?

A- Átomos

P- Por átomos de quê?

A- Carbono e hidrogénio.

P- Então, carbono e hidrogénio são o quê? (12:00) São o quê, Rita? Elementos químicos. Portanto ficas a saber que aquela substância é constituída por quê?

A- Por dois elementos químicos.

P- Por dois elementos químicos.

P- Por dois elementos químicos, são exactamente o quê?

A- O carbono e o hidrogénio.

P- Então quer dizer que esta fórmula, que é a fórmula molecular do metano, tem então, dois significados (escreve no quadro). Um é o significado qualitativo - vou tirar só daqui a tabela- então o que nos indica o significado qualitativo?

A professora dirige-se aos alunos para uma conclusão, com aspecto de definição linear, revelando a consideração de um conhecimento estanque, feito de produtos que uma vez alcançados dispensam todo o processo. Fica alguma confusão entre os conceitos de substância, molécula, elemento e até de fórmula, como os sublinhados deixavam perceber.

Esta confusão volta a surgir durante a aula, no discurso de alunos e de professora, revelando que não é claro o entendimento que se faz da questão:

A- A molécula do metano tem cinco átomos.

P- É constituída ou é formada por cinco átomos. Continua.

A- Sendo um de carbono.

P- Sendo um de carbono.

A- E quatro de hidrogénio.

P- Certo? Portanto, isto no caso particular duma fórmula em concreto. Se nós quisermos falar no geral, então eu posso dizer, então, que qualquer fórmula molecular tem um significado qualitativo, não é?, e um significado quantitativo. Portanto qualquer fórmula tem, então, um significado qualitativo (escreve no quadro) *e, o que é que nos indica sempre a fórmula, qual é sempre o seu significado, Rita?*

A- É por que substâncias é constituída a molécula.

P- Atenção, não é por que substâncias. É a segunda vez que eu volto a frisar...

A- Por que elementos...

P- Por que elementos é constituída a molécula dessa substância, portanto o significado qualitativo (16:00) indica-nos (escreve no quadro) *quais os elementos que constituem a substância.*

ou, mais à frente, após o estudo de mais uns exemplos:

P- Então, o que é que tu lá tens?

A- Uma substância...

P- Tens o quê? Uma mistura ou uma substância pura?

A- Uma mistura.

P- Uma mistura de quê?

A- Duas moléculas.

P- De duas substâncias, não é verdade? Uma representa...

A- O oxigénio.

P- E a outra o...

A- O ozono.

Nas duas porções transcritas sobressai, para além da questão que respeita à confusão gerada entre os conceitos, outros aspectos que contribuem para esclarecer o perfil epistemológico da professora. Trata-se, de algum modo, de uma forma de tratar o erro, quando ela se dá conta da incorrecção dos alunos, não se apercebendo do seu contributo para tais incorrecções. É ainda relevante a intenção de generalização através de definição, numa ideia de saber, sobre a forma de produtos, esquecendo que os processos de pensamento usados na construção do mesmo são importantes e contribuem para, por vezes, solidificar concepções alternativas à versão científica.

Do ponto de vista de um posicionamento epistemológico sobre o valor do conhecimento, algumas vezes temos motivos para pensar que a professora acusa um certo realismo ingénuo, até porque repetido:

P- Então, vamos tentar representar isso, agora em termos de recipientes, não é? e, portanto, digamos, ao fim e ao cabo... tentarem perceber melhor o que é que acontecia nessa altura. Suponhamos, então que tenho lá três moléculas. E agora vou

representar assim (escreve no quadro) *uma, duas, três... neste recipiente, que eu vou designar, então, por A, o que é que existe?*

Só analisando a totalidade da aula é possível compreender mais profundamente as dificuldades conceptuais, manifestadas e reforçadas, na matéria em questão.

É notório igualmente a dificuldade de os alunos compreenderem a diferença entre substância composta e substância elementar. Afinal faz parte de um conjunto de conceitos, que uma matriz teórica une, e que portanto parecem arrastados pelos alunos para um abismo que a professora constrói de forma estritamente empírica, com exemplos sobre exemplos e sem o necessário suporte teórico.

P- Composta. Porquê é composta, Benjamim?

A- Porque tem mais que um átomo.

P- Porquê?

A- Porque tem mais do que um átomo.

P- Ela podia ter cinco ou seis ou dez átomos ou muito mais do que isso e ser elementar.

A- Elementar. Porque tem dois tipos de átomos. (.../...) (~22:00)

P- Primeiro, tenho lá uma substância pura ou uma mistura de substâncias?

A- Pura.

P- Porquê? Vai...

A- Porque só há um tipo de átomos.

P- O haver só um tipo de átomos não quer dizer nada. Quer dizer é o quê?... Que?...

Nesta aula há, nalguns momentos, alunos distraídos e na conversa. Noutra altura a atenção dos alunos volta-se para as "gralhas" ortográficas no quadro. Podemos pensar que o assunto abordado de tal forma não é significativo e aliciante para envolver os alunos numa participação intelectualmente activa.

Sem outros conhecimentos de Didáctica, é difícil, ao professor, contribuir para uma aprendizagem construída pelos alunos, que seja consistente. A professora vai dando definições e vai sublinhando aspectos a reter de tal modo que acabará "por entrar", pelo menos nalguns alunos! Contudo pergunta com frequência se perceberam, numa

preocupação constante com os alunos. *"P- Estão separadas, certo? Há alguma dúvida? Ninguém tem dúvida nenhuma? (recolhe os modelos) Certeza absoluta? (34:00)".*

Ao longo da aula parece sempre avançar e recuar a compreensão dos conceitos, pelos alunos. Quando já parece aprendido, eis que alguma coisa falha, inexplicavelmente para a professora, que se limita a repetir ou a avançar com mais um exemplo, numa ingénua perspectiva indutivista de acumulação de exemplos até à generalização algorítmica.

Para o final da aula a professora fornece aos alunos o modelo de perguntas e respectivas respostas acerca do assunto tratado, com vista à garantia de sucesso em ficha de avaliação. Tal sucesso é aparente, uma vez que representa conhecimento de quê, ou é revelador de que aprendizagem?

> *P- Se eu te pergunto se tens uma substância, como é que ela é composta? É muito simples. Eu posso fazer, por exemplo, posso dar esquemas deste tipo (aponta para o quadro), não é? E tu tens que escrever; se ela for, para ela ser elementar, o que é que tu tens que ver?*
> *A- As moléculas e os átomos.*
> *P- Não, não, atenção. É verdade que para tu teres uma substância pura e elementar as moléculas têm de ser, então, todas iguais entre si mas, para além disso, para ela ser elementar é preciso que quê?*
> *A- Os átomos sejam do mesmo tipo.*
> *P- Que os átomos que constituem a molécula sejam todos iguais, certo? (.../...) (36:00)*

Aponte-se a falta de rigor da professora quanto à questão dos átomos iguais (esquecendo a existência de isótopos) que substitui uma afirmação mais rigorosa do aluno.

Há uma imagem de sequência a ser passada "por ordem" como um desenrolar do Programa (ou do manual adoptado) e em que se nota tal preocupação da professora. Esta forma converge para um entendimento da ciência como um saber estabelecido em definitivo, inteligível apenas naquela sequência. Essa ideia de um grau de inteligibilidade

acessível aos alunos advém-nos do modo como é conduzido o diálogo, de pergunta em pergunta, à espera que os alunos, sequencialmente, saibam, à partida, responder, dando a resposta que continua a sequência pensada pela professora (do programa ou do manual). E assim se faz, frequentemente a aula em (aparente) diálogo, restando neste episódio a questão:

> *P- Vocês lembram-se (escreve no quadro) quando eu disse ou quando eu escrevi Na lhes disse que aquele símbolo, Na, representava o quê?*
>
> *A- Sódio.*
>
> *P- Mas o quê do sódio?*
>
> *A- Um átomo.*
>
> *P- Um átomo, um átomo de sódio. Certo. Portanto, este símbolo representa um átomo de sódio. Ora bem, mas agora a questão que se põe é esta: eu disse-vos também que todos os átomos de sódio tinham entre si o quê? O que é que acontece a todos os átomos de sódio Se eu os comparar uns aos outros, o que é que tende a lhes acontecer? (.../...) (~39:00).*

Os alunos deveriam adivinhar?!

A imagem de ausência de dúvidas gera uma contradição entre a preocupação da professora em que os alunos percebam, mas uma dificuldade em compreender o que é que significa, afinal, aprendizagem dos alunos. É quando o professor tem essa percepção? Quantos alunos compreenderam? Baseada em quê, e que critérios para tal percepção? Que modelo de aprendizagem e em que quadro avaliativo se move o professor? Ausência de quadro? Analise-se a seguinte sequência:

> *P- (...) iões. Portanto, (...) é muito mais giro (...) o que é que acontece? Em relação aos átomos, não há dúvidas ou pelo menos vocês não as colocaram, em relação às moléculas, por aquilo que eu estou a ver parece que não há dúvidas. (38:00) Com os iões há às vezes um bocadinho mais de confusão, se a gente pensar bem no que são os átomos, depois vamos ver como é fácil entrarmos nos iões. Vocês lembram-se (escreve no quadro) quando eu disse ou quando eu escrevi Na, lhes disse que aquele símbolo, Na, representava o quê?*

A nossa ideia de que a professora "ouve" principalmente as respostas dos alunos que dão seguimento adequado à sua linha de pensamento ocorre de situações como a que se segue:

P- Onze protões, mas se tem onze protões, eles têm também que ter o quê?

A- Onze electrões.

P- Quantos?

A- Onze... Vinte e três.

P- Onze electrões. Porquê? (40:00)

A- Eu disse onze (confusão)

P- Porquê?

A- Porque o átomo...

P- Porquê?

A- Porque o átomo...

P- Porque o átomo...

A - É neutro.

P- O de sódio e todos os átomos. Por que é que todos têm que ter?... Porque eles são neutros. Ainda ouvi alguém para aqui a dizer vinte e três.

A - (...)

P- Atenção. Tu pensaste bem, Vitor.

A- (...)

P- Já lá vamos ver, porque o vinte e três também é importante mas não para saber o número de electrões. Psiiu, vá lá, então! É porque este vinte e três é a soma (aponta para o quadro) dos protões com os neutrões ou seja, é o número de partículas que há onde?

A- No núcleo.

Da forma como a professora se refere ao "vinte e três", afinal até pode servir para "calcular" o número de electrões, uma vez que antes se referira que o número destes é igual ao número de protões. Mas passa também uma forma de tratar o "erro" ou seja, "pega-se-lhe", para evitar confusões, que do ponto de vista da professora, poderiam vir dificultar a compreensão linear do assunto.

Todos os assuntos são explicados essencialmente da mesma forma: quadro, giz, perguntas fechadas, aparente diálogo. Ciência ingénua, sem ideologia, sem história, sem

problemas, corpo de produtos, estabelecidos por via empírica, com uma sequência lógica?

96/05/17

O sumário para a aula: "Conceito de ião. Escrita e acerto de fórmulas iónicas", é ouvido pelos alunos com alguma admiração acerca do conteúdo. A professora, numa forma pedagogicamente certa, recupera o assunto da aula anterior: "Nós ontem falámos essencialmente de quê?", mas avançando rapidamente para definições simplificadas relativas ao assunto tratado. É o produto a reter sobre a forma de definição. Aparentemente são os alunos que respondem mas é sempre a professora a completar as palavras soltas e as frases inacabadas e desorganizadas. Tal representa dificuldades por parte dos alunos, que vão directas à falta de compreensão e de significado do assunto. É uma imagem de ciência feita de definições, organizada como corpo de conteúdos definitivos, aproblemáticos.

Toda a aula se organiza de forma sequencial, em diálogo, em que os alunos aparentemente vão contribuindo, "descobrindo" a matéria, em demanda de produtos de aprendizagem a reter sobre forma algorítmica. É a definição de ião, quando se forma um ião positivo ou um negativo...

Passa uma imagem de ciência, exclusivamente como corpo de conteúdos definitivos e aproblemáticos. O diálogo é conduzido pela professora de forma muito fechada. Atente-se, por exemplo, na seguinte porção de aula transcrita:

> *P- Ora bem, mas eu depois dei-vos, nós falámos, passado um bocadinho, fizemos revisão um pouco daquilo que nós já tínhamos visto sobre substâncias puras, sobre misturas, se elas eram elementares ou se eram compostas, fizemos os esquemas e explicamos o que é que acontecia num caso ou noutro. Mas mesmo (dirige-se à secretária) no final, nós ainda falámos em iões (escreve no quadro), ou falámos no singular, o que é um ião, não foi Andreia?*
>
> *A- Foi.*
>
> *P- Foi. Então, o que é um ião?*

A- (...)

P- Não vejas, faz lá um bocadinho de esforço.

A- (...)

P- Psiiu, só fala um de cada vez.

A- É quando um ião...

P- É quando um ião quê? (4:00)

A- Uma substância...

P- Diz, depois a gente vai ver o que é que está certo ou o que é que não está bem. Vai.

A- Um do lado esquerdo da Tabela, junta-se com um do lado direito e vai perder um electrão e vai passar a ser um ião, porque tem que deixar carga positiva.

P- Ora bem, tu estás a falar concretamente nos elementos e, eu falei disso de facto, nos elementos que estão ali, no lado esquerdo da Tabela Periódica (aponta para a Tabela) e falámos num elemento que era qual? Qual era o elemento que falámos?

A- Do sódio.

P- Do sódio, cujo símbolo é Na, que é este que está aqui nesta posição e, portanto, diz que aquele átomo, ou os átomos daquele elemento, quando se combinavam com átomos de elementos que se encontravam no lado direito da Tabela, tinham tendência para...

A- Perder um electrão.

P- Perder um electrão e, portanto, como tu disseste, pois, e muito bem, se eles perdem um electrão, quer dizer que eles deixam de ficar?...

A- Com carga neutra.

P- E, portanto, deixam de ser?...

A- (...)

P- Deixa de ser um?...

A- Átomo.

P- Um átomo e passa a ser um?...

A- Ião.

P- Ião, ou seja, passa a ter?...

A- Carga.

P- Carga. Então, nós podemos dizer que um ião é, ao fim e ao cabo, o quê?

A- Um átomo com carga.

Ressaltam as dúvidas reveladas pelos alunos, que a forma de ensino usada não parece ser suficiente para os ajudar a ultrapassar. E restam as que eles não têm

consciência para explicitarem. Contudo, numa atitude pedagogicamente louvável, a professora insiste com os alunos para colocarem as dúvidas e fazerem perguntas.

Parece que sempre o diálogo se encaminha para uma definição simples, na perspectiva de ensino como forma de passar para os alunos saber aparentemente simplificado.

Na sequência ordenada da aula perde-se completamente a referência à teoria cinético-corpuscular na qual tinha sentido o modelo atómico actualmente aceite, de núcleo e nuvem de electrões exteriores e que permitiria compreender e interpretar as questões relativas aos iões, como partículas carregadas. Tudo se passa, na sala de aula, como um balanço algorítmico numérico, de acertos possíveis, de cargas que se ganham ou se perdem.

A par dos balanços algorítmicos passa uma imagem realística do conhecimento. Perde-se a referência à teoria como construção criativa humana com poder interpretativo e preditivo.

O discurso da professora é, a maior parte do tempo, afirmativo ou interrogativo, categórico, com ausência de exploração do erro e sem criar oportunidades de os alunos fazerem previsões com base explícita na teoria que estudaram. Para que a estudaram?

Não há dúvida na análise de uma, ou do conjunto das aulas videogravadas da professora, que ela se preocupa bastante com os alunos. Gostaria que aprendessem, embora a sua concepção de aprendizagem nos pareça muito afastada das perspectivas actuais.

Dezasseis minutos depois do início efectivo da aula ainda se mantêm na revisão dos aspectos já tratados na aula anterior. Contudo, não se distingue a forma de estratégia correspondente a revisão ou correspondente a assunto novo. Mantém-se o estilo interrogativo, aparentemente de descoberta pelos alunos, sem referência à teoria... numa linguagem estereotipada, aparentemente própria da ciência:

A- Será que para conseguir um ião negativo, ou positivo, é da mesma maneira?

P- Digamos que, ao fim e ao cabo, nós estamos aqui a esquecer-nos do que é necessário. É evidente que é necessário sempre fornecer uma determinada energia para conseguir arrancar um electrão ao átomo de sódio mas, essa energia é pequena e, portanto, digamos, se o sódio estiver a reagir ou estiver em contacto com o cloro, em determinadas condições, ele vai ceder o seu electrão ou vai perder, como quiseres, está bem? Ora bem, e agora vinha a propósito, e foi aí que nós parámos, que tinha a ver exactamente com o que é que acontece agora, em vez de ser com o átomo de sódio, com o átomo de cloro. Se vocês pensarem ou se vocês virem bem, o cloro, agora, (16:00) está, digamos, numa posição oposta da Tabela Periódica (aponta para a Tabela) não é, Luís? Pouco barulho. Ora bem, então, o que é que acontece? Atenção. O cloro está agora da parte direita da Tabela e, portanto, não vai portar-se ou comportar-se do mesmo modo que o sódio. O que é que vai acontecer? O átomo de cloro, eu posso representá-lo assim: Cl (escreve no quadro) dezassete, trinta e cinco e, portanto, o Luís que está com vontade de conversar, diz-me lá, o que é que aquilo representa?

A- (...)

P- Isso.

A- O Cl?!

P- Sim.

A- Cloro.

P- Mas que partícula do cloro?

A- Um ião.

P- Não, porquê?

A- Um átomo.

P- Por que é que não é um ião, Luís? (repete) Então?

A- Porque não tinha índice mais... menos.

P- Expoente. Atenção. Lá em cima não é índice, é expoente. Porque não tem carga, nem positiva, nem negativa. Luís, atenção. Então se não é um ião, representa o quê?

A- Um átomo.

E afinal, à dúvida do aluno, que manifesta que ele não construiu o saber de forma significativa e que "tudo o que deram" não resultou em aprendizagem, segue-se uma explicação semelhante à forma habitual de tratar os assuntos... O aluno vai avançando com "palpites" e a professora parece admitir que ele está a aprender e a tirar a dúvida. Consideramos tal forma como indicadora de falta de significado do assunto e falta de suporte teórico.

Segue-se até ao final da aula, agora seguindo um esquema de raciocínio lógico em tudo semelhante ao anterior, mas para a obtenção de iões negativos.

Revela-se uma imagem de ciência principalmente algorítmica, factual, algumas vezes realística ingénua, ausente de teoria para suporte das questões abordadas:

> *P- Há outra coisa importante. Quando nós escrevíamos a fórmula molecular, nós dizíamos, por exemplo, escrevíamos H_2O (escreve no quadro) e dizíamos que a molécula... que a molécula, não, que a água, desculpem... era constituída por entidades individualizadas que eram moléculas, todas iguais entre si, todas formadas por dois átomos de hidrogénio e um de oxigénio. Nos compostos iónicos, não há entidades individualizadas, o que é que há? Há um determinado ião positivo que se liga a um determinado número de iões (28:00) negativos e um ião negativo que se liga a um determinado número de iões positivos. Isto, que há bocadinho trazia quando entrei é exactamente a rede cristalina do cloreto de sódio. O que é que acontece? Se nós quisermos imaginar (dirige-se à secretária e mostra o modelo) um pequenino cristal de cloreto de sódio, vocês têm que imaginar que esta rede, que é apenas uma unidade estrutural, o que é que vai acontecer?... vai-se prolongar neste sentido, (exemplifica, mostrando) neste, nesta direcção, nesta, em todas, em todas as direcções, mas prolonga-se de tal modo que quê?... que a regularidade, ou que a disposição, dos diferentes iões, seja exactamente a mesma à que nós temos aqui. Ora bem, o que é que acontece? Se vocês virem, cada um destes iões, e agora têm de pensar um bocadinho... Suponhamos este ião central, este ião central está ligado a quantos iões de sinal contrário? ou de carga contrária?*
>
> *A- Quatro.*
>
> *P- Quatro! Pensaste mal, Marisa. Porquê?*
>
> *A- Seis.*
>
> *P- Bem... Conta lá bem. Seis. Porque ela contou os do mesmo plano possivelmente. Um, dois, três, quatro, no mesmo plano está ligado a quatro, não é verdade? Mas, está ligado a um, cinco, e a outro, seis. Então, quer dizer que um ião está ligado a seis iões de carga de sinal contrário. Mas, se nós agora pensarmos ao contrário, este (aponta para a rede) vai estar ligado a quantos iões de carga de sinal contrário?*
>
> *A- Cinco... quatro... cinco...*
>
> *P- Cinco, porque vocês não estão a imaginar isto a prolongar-se. Porque temos, na verdade, um, dois, três, quatro, cinco... mas como o cloreto de sódio não é só isto, isto tem de se prolongar em todas as direcções.*

Ressalta alguma confusão entre a dimensão macro e micro, a substância e a molécula, o estado gasoso e a organização do estado cristalino.

Pela repetição de exemplos a professora pode pensar que os alunos aprendem e assim continuam até final da aula (~34:00).

Há uma situação em que a questão da nomenclatura poderia tornar-se uma questão de debate e tal não acontece. Embora haja alguma flexibilidade mas reveladora de incompleta exploração da questão posta pelo aluno, as designações dos iões, questão de nomenclatura estabelecida, têm a ver com a sua composição e passa uma imagem de que poderia, aleatoriamente, ser variável a designação.

> *P- Na^+Cl^-. E eu volto a chamar-vos à atenção, que o facto de eu escrever Na^+Cl^-, não quer dizer que só haja um ião sódio ligado a um ião cloro, quer dizer é que no cristal, a proporção é de um ião sódio para um ião cloro, portanto, eles existem na mesma proporção. Diz, Gil. Ias perguntar qualquer coisa?*
> *A- Por que é que não é um ião de cloro em vez de ser ião cloreto?*
> *P- Cloreto. Tens razão. Porque, sabes o que é que acontece, é que os iões têm determinadas designações em função da sua constituição e, os iões que são negativos e são constituídos por um átomo, terminam todos em "eto". Por exemplo, tu vais ter o ião cloreto que provém do cloro, mas se vier do átomo de bromo, já será o ião brometo, o ião fluoreto e por aí adiante. Portanto, estes iões que têm uma carga negativa e provêm daqueles elementos que estão na coluna sete (aponta para a coluna dos halogénios na Tabela), terminam todos em "eto" mas, também podíamos dizer ião cloro, não havia problema.*
> *Ora bem, então agora, vamos pensar num composto que vocês achem, também será iónico (36:00), como por exemplo (...) Diz algum.*

Um pouco mais à frente é a questão da carga de um ião que é colocada. De aspecto em aspecto alguns alunos vão trazendo ao de cima as dúvidas que a professora pacientemente vai explicando. Os alunos não terão percebido, eventualmente, por falta de enquadramento teórico e por falta de uma estratégia mais articulada.

P- Óxido de cálcio (escreve no quadro) (...) (38:00) Se o composto é óxido de cálcio, quais são os iões constituintes?

A- Um ião de óxido.

P- Um ião de óxido e um ião de cálcio (escreve na tabela do quadro). Pronto. Agora, vamos (...). O símbolo do oxigénio, sabes qual é?

A- O.

P- O. E eu digo: os átomos de oxigénio têm tendência para ganhar dois electrões. Então, qual é o ião óxido?

A- O^-.

P- O^-, não concordo contigo. Menos, mas não só menos. Porque eles ganham quantos electrões?

A- Dois.

P- Exactamente. Portanto, se eles ganham dois electrões, ficam com duas cargas negativas em excesso. Portanto, O^{2-}. Então e agora qual será o ião cálcio?

P- Quem é que não está a entender? (Repete) Carlos, qual é o ião cálcio?

A- Qual é o ião cálcio?

P- Exactamente. Qual é o símbolo do cálcio? Sabes?

A- É o Ca.

P- É o Ca. Então, eu agora digo-te o resto: os átomos de cálcio têm tendência para perder dois electrões.

A- Dois?

P- Dois. Calma.

A- (...)

P- Eu já ouvi. Ele também já ouviu. Psiiu.

A- Ca^{2+}.

P- Certo.

96/05/22

Esta aula pode ser considerada um episódio principal em que há várias ocorrências. O que é central é a forma de resolução de uma ficha que fora trabalho de casa para os alunos. Toda a análise é feita sobre ocorrências ao longo do desenrolar da resolução da ficha.

Sumário da lição número 109: "Resolução de uma ficha de exercícios".

Um dos aspectos que necessariamente sobressai é que não há, afinal, grande diferença entre a aula em que o assunto é tratado pela primeira vez e a aula de

exercícios. Em nenhuma delas é apresentado sobre forma de problema, questionado ou discutido no seu contexto de saber com estrutura em que é importante o envolvente problemático da sua descoberta, do seu estabelecimento, as questões sócio-culturais e tecnológicas que o envolvem... (descritivos)

As dúvidas são encaradas como situações a eliminar por corresponderem a fases negativas e não como questões que trariam a possibilidade de um bebate e exploração das ideias e opiniões dos alunos, interessante para uma consciencialização dos aspectos e obtenção de um saber mais consistente.

A professora mostra-se preocupada com a aprendizagem dos seus alunos, tal como a concebe. Por exemplo, quando nesta aula, insistentemente, pergunta a uma aluna: *"Mas tens dúvidas? Oh Catarina?... (vai apagando o quadro) Dúvidas?... Tens dúvidas? Escuta bem: tens dúvidas? Então?... (10:20)"* é porque está preocupada com a aprendizagem da aluna e não gostaria que permanecessem dúvidas.

Toda a aula é testemunho da importância dada ao produto da ciência, ao algoritmo, à repetição. Veja-se, a título de exemplificação, o troço que se segue:

> *P- (.../...) As substâncias estão juntas... e que tipo de substâncias é que são? Elas podem ser? Ou?...*
>
> *A- Compostas.*
>
> *P- Então, quantas substâncias é que há?... Uma mistura de quê?*
>
> *A- Substâncias compostas.*
>
> *P- E quantas?*
>
> *A- Duas. (professora escreve)*
>
> *P- Uma mistura de duas substâncias compostas (6:00) Ora bem, e quais é que são essas substâncias compostas? (para uma aluna) Atenção... está com atenção agora... Sim? Por três átomos. Só que um tipo de moléculas tem?...*
>
> *A- Um tipo de moléculas tem... dois átomos iguais e um diferente.*
>
> *P- Uma das moléculas é representada... e a outra é exactamente ao contrário. Tem um B e... (escreve) Quantas substâncias é que há?... (7:00) No recipiente E há... uma mistura de três substâncias, mas ainda posso ser mais específica...*
>
> *A- Duas são elementares.*

P- Duas são elementares e como é que são constituídas as moléculas das elementares? Duas elementares e uma?... Uma tem dois átomos iguais e a outra?

A- É composta.

P- Duas elementares e uma composta.

A- Dois átomos de A e dois de B.

A ideia de que o saber científico é feito de produtos que podem assumir a forma de definições (identificadas com generalizações e que dão uma imagem de ciência algorítmica), e são obtidos por processos indutivos que conduzem a generalizações, onde não há referência a um corpo teórico no qual as definições tenham sentido, passa em situações como, por exemplo, na seguinte porção descrita da aula:

P- (.../...) Ora bem... Shiiu... Vamos lá ver então. Nós podemos generaliz... (não terminou a palavra) Shiiu... David, mau! Mas agora?! Ora bem.

A- C?

P- Já lá vamos. C e D. Destes materiais... não é? Quais são estes grupos, oh Daniel?

A- De quê?

P- De quê?...

A- (...)

P- Diz lá um...

A- (...)?

P- Sim. Mas é o grupo de quê?

A- Das substâncias...

P- Das substâncias puras... (escreve) Substâncias puras... Daniel... ou?... (16:00) Quando é que tu tens uma mistura, Daniel?

A- Uma mistura?

P- Vais ter pelo menos quantos tipos?

A- Dois.

P- Dois. (escreve) Ou vários tipos de moléculas. Certo? Então e das substâncias puras?

A- (...)

P- Não... Ah!... Aqui. Obrigadinho. Já me tinha esquecido. Existe só um tipo (escrevendo) Pois. E ainda se pode ali fazer uma divisão (17:00) As substâncias puras podem ser substâncias... ou... ou?... Compostas. Ou substâncias compostas (escreve). Quando é que elas são elementares? Certo? Então as moléculas são constituídas por um só tipo de átomos.

A- Então, oh stora?...

P- Ouve bem. Só temos uma substância, mas depois a pura... pode ser simples ou pode ser composta. Se as moléculas forem todas iguais é o que tu tens aí, no A.

Quando a professora pergunta: "*quando é que tu tens uma mistura?*" é uma intenção empírica de generalização, uma vez que não são estabelecidos critérios teóricos e, associado à definição passa a imagem de ciência empírica de definições e a correspondente transposição pedagógica de uma ideia de aprendizagem feita por acumulação e justaposição de aspectos que, na imagem da "tábua rasa", ficam flutuantes na mente do aluno, sem se tornarem significativos. A sua utilidade é para responderem "certo" na ficha de avaliação que será a oportunidade de os alunos os reproduzirem.

No troço descrito passa a ideia já veiculada da existência de confusão entre o nível macro e micro, entre material, mistura, substâncias e moléculas, indiscriminadamente usadas sem critério teórico.

Um outro aspecto relevante é o da procura de sistematizações, não com a intenção de ligação de conceitos mas com a ideia de resumo (igual a produto da ciência).

A professora desenrola "a matéria", sem ouvir as questões completas dos alunos. É a ideia de que não há outra forma de pensar o assunto. Não admite barulho nem diálogo entre os alunos, numa imagem de que aprender é ouvir com atenção o professor que é possuidor da versão científica correcta. Algumas vezes adia-se a resposta para o futuro (um futuro que para os alunos do ensino básico pode não vir a existir em termos de continuidade de estudos científicos). Tal acontece com a fórmula molecular do álcool etílico (C_2H_5OH). Seria uma boa oportunidade de referir o conceito de fórmula química e seus significados.

O assunto, tal como é tratado, entre algum mistério e algum sentido de coisa incompleta, deixa os alunos apreensivos: *"A- Ou temos que saber as fórmulas de cor?"*, uma vez que eles parecem pensar principalmente na avaliação pontual centrada nos produtos, e assim sendo, as suas questões têm toda a pertinência.

A sequência da aula avança pela descrição da composição das moléculas de algumas substâncias. A professora impõe ordem e disciplina na sala de aula, mostrando-se amiga dos alunos e interessada na aprendizagem deles, tal como a entende, mas sendo austera na exigência de atenção e silêncio. Não há distúrbios nem grandes confusões. Ocorrem momentos de desinteresse de alunos, apenas pontualmente.

96/05/23

A professora inicia a aula, mesmo antes de escrever o sumário, o que habitualmente faz no início, por dar indicações precisas sobre a ficha de avaliação "o que sai e o que não sai", "como se fosse sempre assim", numa imagem, talvez, de um saber científico correspondente a uma natureza pacífica que o homem, actualmente, domina para sempre, de forma inequívoca; a cujos mistérios se acedeu já e com os quais se ensina ciência. Ou antes, nem sequer há ligação com a natureza, e o que há é um saber disciplinar ensinado para ser avaliado e os alunos progredirem nos seus estudos?

> *P- Shiiu... (...) tinha-vos dito que saía este último tema que é o tema três, mas posso-vos garantir que sai só este tema, que é o tema... mas assim muito concretamente sobre o tema de hoje, não sai... só saem noções... João! assim muito simples. Digamos que sai assim sobre esta última parte, como nós demos. Vocês ou sabem muito bem tudo aquilo que a gente deu ou então... Nós temos andado a fazer exercícios, as coisas... bem... e eu dei... nós demos...*
>
> *Ora não... Ora bem... Faço questões sobre um elemento qualquer (vai ao quadro mas sem ter escrito, volta) Tens que saber, dado o número de átomos, representar a molécula, representar o ião... aquele tipo de coisas que nós aqui temos feito, não têm que saber nem os símbolos nem as fórmulas... está bem?*
>
> *A- Stôra... (...)*
>
> *P- Só um bocadinho (senta-se na cadeira da secretária) Eu não posso responder a esta questão, mas é evidente que pode haver questões... Agora é evidente que se eu dei a ficha por algum motivo a dei. É que... o que eu posso garantir é que se tu souberes fazer a questão que está na ficha... é... em princípio está lá tudo... sobre esta matéria que está aqui... pode haver questões que nós aqui abordámos na aula e que não vêm nessa ficha (2:22) (Volta-se para uma aluna que pergunta)*
>
> *A- (...) a gente saber (...)*

P- Não, atenção, essa ficha é uma ficha de trabalho e subentende-se que se estuda pelo livro, por isso mesmo vais lá buscar...

É uma aula de treino para a ficha de avaliação. A professora explicita "o que sai e o que não sai" e a forma como é perguntado e como deve ser respondido. O que passa é uma ideia sobre a forma de entender a aprendizagem por memorização e treino, mas principalmente uma imagem de ciência como um corpo de conhecimentos definitivamente estabelecidos, aproblemáticos e algoritmizados.

O Sumário é "Aplicações da matéria dada". Reinicia-se a correcção/resolução da ficha de trabalho no quadro: *"representar moléculas sabendo qual é a composição de cada uma delas"*. Ao que o aluno propõe, que foi imperceptível na gravação, a professora responde na sua intenção de sistematização e treino: *"P- Constituição. Aqui é ao contrário. Eu dou-te a constituição das moléculas... (4:30)"*.

Na forma de participação colectiva não se sabe bem quem responde, quem sabe, quem compreendeu, quem nunca responde. É um ensino para a turma toda em conjunto, sem atenção às diferenças e ideias individuais. Se surgir a resposta que a professora espera, ela é aceite e admitida como traduzindo que toda a turma tenha compreendido!

Há um episódio em que a professora esclarece questões de nomenclatura e explica a uma aluna, a partir da situação gerada por esta, a forma de escrever os símbolos químicos (assunto já tratado em aula anterior), questão da escrita de letras maúsculas e minúsculas. Nessa ocasião a professora parece preocupada e consciente da necessidade de esclarecer as dúvidas que com frequência surgem nos alunos, com algum significado (~10:00); Na sequência da situação acabamos por assistir a uma intervenção da professora: *"O que é que interessa pôr mais ou menos, se ela não percebeu o que está a fazer?"*. Mas logo de seguida se cai na mesma situação de a aluna que está no quadro não estar a compreender e a professora, apesar de constatar "*Oh Mónica, não estás a pensar no que estás a fazer...*", permite que esta vá escrevendo ao sabor do que vai ouvindo, sem critério, enquanto a professora dirige a resolução da situação, pelos alunos.

A aula evolui no sentido de matematizar a situação, chegando à proporção de combinação dos iões no cloreto de sódio. Fazendo uma retrospectiva do que sobre iões se tratou, apercebemo-nos de que foi sempre no sentido da evidência de perder ou ganhar cargas (raramente identificadas com electrões), num método interrogativo de ir avançando com o contributo de, por vezes, um só aluno.

Há um aspecto que pode ser considerado como significando uma confusão entre o nível do abstracto - as regras de nomenclatura -, e o nível do concreto, - a aplicação de tais regras estabelecidas -, na escrita das fórmulas moleculares:

> *(21:00) Só não estou de acordo com uma coisa... Nas regras da nomenclatura tu puseste assim... a fórmula iónica... e o que é que tu puseste aí?... (aluna escreve)*
>
> *A- Stôra...*
>
> *P- Sim... Cl, Na, traço... Ana!...*

A professora vai ditando, e assim evitando erros, criando uma aparente imagem, a si própria e aos alunos, de que o assunto está compreendido. Com o aluno que se segue no quadro, para a continuação da resolução da ficha, a situação é semelhante:

> (23:00) *Vamos lá a ver. O sódio é o Na... Qual é o Na_2O? Se isto é óxido de sódio... Qual destes iões é o ião sódio? (vai apontando no quadro e explica de forma individual para a aluna) Certo. Escreve! Atenção, na escrita das fórmulas há muita gente que faz a mesma coisa da Andreia... Tem que meter aquilo que nós dissemos, que ele não perde um, perde dois... Então vamos lá com calma. Oh Ana! Espera um bocadinho (Olham) O cálcio... Qual é o cálcio?*

Os alunos não compreenderam. O assunto vai evoluindo, aparentemente com a única utilidade de ser aplicado nas fichas de avaliação. Não se tratam os assuntos com interesse e significado para os alunos, sempre motivados por questões científicas, apresentados em forma problemática e em ligação com o seu quotidiano e as suas curiosidades, num contexto com ligação social e tecnológica. Assistimos a um episódio revelador da posição que pensamos que é a dos alunos perante a aprendizagem. Os

alunos vão dando palpites até à solução final do exercício e a professora, aparentemente, não se dá conta de que não corresponde a qualquer aprendizagem do assunto, como o excerto seguinte permite evidenciar:

P- Então o que é que tu tens menos? (26:00) Os iões óxido... Pronto. Agora o que é que tu vais pôr aí em índice? E agora, o que é que tu lá pões?

A- Um.

P- Mas é que um vezes dois... não vai alterar... fica na mesma. Vá lá...

A- Menos um.

P- Menos um não dá. Menos um vezes dois...

A- Um dois.

P- Um dois. Então põe dois. Pronto, quantas cargas negativas ficam?

A- Quatro.

P- Então há-de ficar... tens que aumentar o número de?... Ela já aumentou... (27:00) Ficaste com quantas negativas?

A- Seis.

P- Seis. Ser... Seis... Então faz o outro a seguir. Sulfureto de sódio. (aluna escreve) Vá lá então. Esperem um bocadinho, esperem... Vá lá por partes. Oh Ana, quais são os iões que formam o sulfureto? (aluna volta-se)... Ora bem, só sobre o enxofre e é de facto o ião sulfureto... é o ião enxofre. É. É o único que vos faltava. Não podia ser outro... Certo? Podes sentar (vai ao quadro junto da aluna). Oh Nuno, vamos lá ter atenção. Aparecia qual? Sim? O que é que aparece em primeiro lugar no nome do composto. Em todos estes compostos, começa sempre pelo... quer dizer... positivo...

A- Positivo.

P- Então... o cloreto é qual deles? Tem que ser... Tu só tinhas o oxigénio, o cloro e o enxofre. Se este é o... (29:00) S... o... o ião sulfureto era de facto S^2. Ora bem... (uma aluna levanta-se e vai ao quadro) Ora bem, agora quero sulfureto de alumínio... Ora bem, então quais é que são os iões constituintes? Dora! (repreende a aluna do lugar) Certo. É o?... Sulfureto... Agora... (...) Então o que tens que fazer?

A- Igualá-los.

P- Igualá-los, como?

A- Uhm...

P- Ou seja... Com quantas partículas ficas no total?

A- Seis.

P- Esses iões... Qual é a proporção de combinação desses iões? Êh?... A proporção... (aluna olha) Sim. E então esse dois... que puseste aí em baixo... quer dizer... e dois de alumínio...

A- Três.

P- Três. Então qual é a proporção... É de dois para três. Dois de?...

A- Alumínio.

P- Para três de?...

A- Enxofre.

A ideia de aparente aprendizagem, alimentada pela professora que conduz as situações de forma muito cerrada, vem-nos de situações várias, algumas já transcritas nesta análise, ou por exemplo quando:

P- Então qual é o outro ião que forma o sulfato de cobre? (33:00) Se o nome é sulfato de cobre... o nome é?... É isso mesmo para onde tu estás a olhar... Diz lá... é o ião?...

A- Sulfato.

P- Então vá. Qual é o ião sulfato? (alunos manifestam-se; ouve-se a resposta dos alunos dos lugares)

P- Foi o que tu escreveste agora mesmo. É isto tudo. (vai indicar no quadro) Então tu não disseste que o ião sulfato é este?... SO_4^{2-}...

Os exemplos têm, aparentemente, uma intenção de memorização, não de compreensão. Apontam na direcção de uma perspectiva indutivista de aprendizagem, isomórfica da construção do conhecimento científico? A teoria viria depois? O conhecimento viria do acumular de exemplos convergentes?

O próprio contexto pedagógico aparenta diálogo mas com ausência de sentido construtivista para a aprendizagem. Ausência de aspectos cognitivistas e metagognitivistas de aprender a pensar. É a professora que conduz o processo. As respostas, pelos alunos, são aparência de conhecimento. Não há formulação de hipóteses explicativas nem criação de situações em que tenham possibilidade de argumentação usando as suas ideias próprias.

Ocorre um episódio em que a professora coloca os alunos numa situação em que, aparentemente, há necessidade de eles resolverem uma questão, tendo necessidade de pensar sobre ela, a partir de conhecimento anterior. Mas é notório a ausência de quadro teórico no qual tenha sentido tal resolução. É breve o episódio e o desfecho acaba por ser semelhante a situações habituais em que a professora conduz cerradamente o aluno para a solução. Nestas situações fica-nos sempre a dúvida do grau de consciência da professora sobre a ineficácia da metodologia seguida. Os alunos só aparentemente "sabem". Pensará a professora outra coisa?

> *P- Alumínio. Então vá, façam lá, para ver se está tudo. Parece que há aí umas dúvidas. Façam todos! Têm que pensar quais são os iões, que cargas é que têm...* (35:30). *(a professora anda por entre os alunos) Não sabes de cor... Como eu disse ali... exactamente... como está na ficha* (36:00) *Nunca! (para um aluno do lugar) Nunca podias ter um ião constituído por dois... pensa um bocadinho... Vá lá... Não, porque agora o sulfato não é este e nunca podias ter dois iões positivos! Portanto tem que haver sempre um ião positivo e um negativo... (vai andando) Vá lá então! Ao quadro! Certo!... Vai lá então. Há aí quem ainda não fez nada!* (37:00) *Estás a mudar a carga aos iões!...*
>
> *A- Oh stora...* (algum barulho)
>
> P- *Ora bem, então agora vai a Carla...* (aluna vai ao quadro) (38:00) *Psiiu! Quem são os iões?*
>
> *A- É o ião sulfato e o ião cálcio...* Ca^{2+}.
>
> *P- Então põe lá uma setinha para dizer que isso é para cima, e?...*

Os alunos continuam sem compreender o aspecto principal que estão a tratar: representação simbólica. Parece que quando só se pretende dar aos alunos aspectos algorítmicos, a dificuldade em compreender os assuntos aumenta significativamente. Falta discussão sobre a nomenclatura e seu significado no sentido de que há uma teoria (da matéria) subjacente à nomenclatura usada pelos químicos (se não veja-se a simbologia alquímica, rica de significado mas ineficaz no âmbito das teorias químicas modernas - mas não foi pacífica nem imediata a substituição de tais simbologias; e as

reformulações posteriores e as contínuas questões no seio da IUPAC, como comunidade científica) (descritivos de 38:00 até final).

4.4.2. Perfil Epistemológico

I - Metodologia Científica

A - Pluralismo Metodológico

Não é feita qualquer referência, no conjunto das aulas analisadas, a questões de metodologia científica.

O percurso é rígido, num dogmatismo metodológico de que pode advir uma imagem sobre o conhecimento científico e sobre a ciência, simples mas pouco acessível, envolto em algum hermetismo.

Parece ocorrer um isomorfismo entre a perspectiva metodológica da ciência e uma perspectiva tradicional de aprendizagem. Independentemente do assunto, a metodologia seguida na aula parece ser sempre a mesma. Os alunos parecem pouco esclarecidos sobre o que vão tratar, para quê e porquê.

Não existem referências explícitas ou implícitas a episódios da História da Ciência e/ou aspectos actuais de investigação.

Não ocorreu diversificação de propostas de trabalho que pudessem ocasionar clarificação de razões da escolha dos procedimentos e sua adequação e limitações.

Importância atribuída à regra que encerra um posicionamento indutivista, num percurso que vai do particular para a generalização, entendido como facilitador da aprendizagem.

B - Relação Teoria/Observação/Experimentação

As considerações teóricas intencionais estão ausentes. Apesar de usar um método de diálogo e questionamento, as ideias dos alunos não são intencionalmente explicitadas, e também não surgem implícitas, dada a forma cerrada como é conduzido o diálogo.

O assunto abria oportunidades de questionar o que é uma teoria, como cresce e se estabelece uma teoria, que problemas e controvérsias suscitou e tem suscitado, que teorias ou hipóteses foram abandonadas a favor da teoria em causa, que modelos se imaginaram suportados por tal teoria, quais os princípios em que assenta, que aspectos permite prever e explicar?

O "desenrolar" do assunto, na metodologia linear de questões sequenciais, faz-se numa imagem de confirmação da teoria pela experiência (descrita oralmente).

Encontram-se sinais de empirismo ingénuo, pelo uso insistente do verbo "ver", embora ele queira significar "dizer" ou "ouvir", mas pode ser revelador da importância que a observação goza no contexto da ciência, através do seu ensino.

O uso do termo "hipótese" não tem significado epistemológico associado.

Rapidamente se afasta da teoria cujos princípios tinham sido enunciados, para entrar numa algoritmização. Os assuntos passam a ser tratados na ausência do suporte teórico, num posicionamento de senso comum, despido de invólucro científico.

São utilizados com frequência os termos "modelo" e "representação" mas não é explicada a utilidade de tais formas no âmbito da teoria que as suporta. Não há essa ligação teoria/modelo/representação.

Em relação ao próprio uso de modelos passa mais o sentido de modelo didáctico do que de modelo científico, correndo algumas vezes o risco de uma interpretação realista, tornando-se numa representação isomórfica da própria realidade e não ideal e interpretativa, em coerência com o corpo teórico construído pelos cientistas.

Não ocorrem situações experimentais.

Um dos aspectos que ressalta é a exigência da generalização, marca de indutivismo.

Atribui-se grande valor à observação em si, ausente de considerações teóricas. Parece sustentar a ideia de que da observação atenta podem nascer critérios teóricos (para divisão em grupos de substâncias a partir dos modelos moleculares, por exemplo).

A hipótese parece ser considerada no sentido empírico, como passo intermédio, formulada com base em dados provenientes da observação e que se abandona uma vez confirmada (ou infirmada) igualmente com os dados da observação/experimentação.

Conhecimento obtido de forma estritamente empírica, com exemplos sobre exemplos e sem o necessário suporte teórico, podendo dizer que se desvaloriza a teoria em detrimento da observação, numa ingénua perspectiva indutivista de acumulação de exemplos até à generalização algorítmica.

Na resolução de exercícios está igualmente ausente a teoria que suporta as questões abordadas.

II - Dinâmica da Construção do Conhecimento

C - Contexto e Estrutura da Descoberta

Não há contextualização para a criação da teoria cinético-corpuscular que aportou novas interpretações de muitos fenómenos. Não é reflectida a origem e mudanças sofridas pela ciência identificando os múltiplos contributos para o estabelecimento da ampla teoria cinético-corpuscular que passará a ser a uma base interpretativa de todo o edifício da Química.

Nenhuma estratégia foi delineada para explorar a construção de novo conhecimento científico.

A referência isolada à História da Ciência, no âmbito dos modelos atómicos, ocorre com fraca coerência estrutural. Tem papel meramente ilustrativo.

Em assuntos recheados de polémica e controvérsia, acompanhando as alterações da Química, como a teoria cinético-corpuscular, as questões relacionadas com símbolos e fórmulas e a nomenclatura da Química, não há, nas aulas, considerações históricas.

A ausência de referência histórica faz sobressair uma perspectiva e imagem redutora da ciência que a limita à forma e conteúdo da actualidade e em definitivo; não uma imagem dinâmica da construção do conhecimento. O Programa é circunscrito à visão apertada de uma ciência ingénua despida de percursos conturbados.

A lógica da linearidade e facilidade conduz a limitados produtos finais a memorizar, e afasta e ignora percuros de construção de conhecimento que a HQ tem revelado como arduamente construídos. Aliás os assuntos abordados têm uma importância histórica e cultural grande, a sua importância é significativa e encontra-se bem documentada.

D - Dinâmica Erro/Verdade

Ocorrem várias formas de tratamento do erro traduzindo algumas diferentes atitudes perante o erro mas praticamente sempre convergentes para um entendimento dogmático do conhecimento científico como verdade definitiva.

À resposta correcta segue-se o registo; eventuais respostas "incorrectas" são ignoradas, com estranheza manifestada quando os alunos não sabem responder de imediato às perguntas, referentes a passos ordenados da resolução, como se existisse a regra inequívoca e definitivamente verdadeira, reduzindo todo o percurso à valorização do produto. Não sistematiza nem atende a incorrecções resultantes de respostas soltas dos alunos que facilmente degeneram em concepções erróneas. Não explora o erro e de imediato o substitui pela "verdade", prosseguindo. Admira-se com ele! Este aspecto conduz a pensar que está particularmente e exclusivamente preocupada com a questão científica, corpo da ciência pura, como se esta pudesse existir nesse estado. Não dá muita oportunidade à ocorrência de situações de erros principalmente quando conduz os alunos de forma algorítmica.

As dúvidas dos alunos são encaradas como situações a eliminar por corresponderem a fases negativas e não como questões que trariam a possibilidade de

um debate e exploração das ideias e opiniões, necessário para a obtenção de um saber mais consistente.

O discurso é a maior parte das vezes afirmativo ou interrogativo, categórico, e sem criar oportunidades de os alunos fazerem previsões com base explícita na teoria que estudaram.

Não se evidencia a precaridade da validade temporal e, por vezes espacial, das teorias científicas.

III - Face Humana e Social da Ciência

E - Imagem dos Cientistas e Papel da Comunidade Científica

Não ocorre nenhuma situação, na série de aulas analisadas, de referência a cientistas e ao seu trabalho no seio da comunidade científica.

Inexistência de possibilidade de confronto de ideias com as dos colegas e de oportunidades de comunicar e ouvir comunicar resultados de trabalhos realizados ou de projectos.

Nem os próprios alunos sabem, de forma consistente, o que vão tratar, para quê, e porquê, numa forma de tornar necessariamente a ciência num saber mais humanizado.

Sobressai uma forma redutora da ciência que a limita à forma e conteúdo da actualidade e em definitivo, não uma imagem dinâmica da construção do conhecimento, por pessoas. O assunto é despido de qualquer conteúdo ideológico e humano, reduzido e circunscrito a uma visão apertada de ciência aparentemente ingénua.

A ciência é tratada como se de uma réplica da realidade se tratasse, tornando-se uma representação isomórfica da própria realidade e não ideal e interpretativa, em coerência com o corpo de princípios teóricos construídos pelos cientistas.

Em assuntos em que se impunha o recurso à HQ, até pela abundância de documentação existente e de fácil acesso, e em que o papel da comunidade científica foi preponderante nas aceitações e discussões referentes à alteração da nomenclatura, passa,

antes, uma imagem de saber feito, aproblemático, definitivo, sem rosto humano nem social.

F - Relação/Interdependência Ciência, Sociedade e Tecnologia

Não ocorre exploração dos temas em contexto de influências e interrelações entre a ciência, tecnologia e sociedade, problemas tecnológicos ou sociais como ponto de partida para o ensino de teorias.

Não há actividades planeadas com a função de mostrar as implicações da ciência e tecnologia nas questões éticas, ambientais, patrimoniais, etc. dando aos alunos oportunidade de expressarem as suas opiniões fundamentadas e de criarem hábitos de participação fundamentada e documentada em questões da comunidade social, que os pode vir a tornar membros críticos e participativos.

4.5. Professora D

4.5.1. Análise da Prática de Ensino

96/05/07

A professora dita o sumário: "Natureza corpuscular da matéria", e inicia a aula pedindo aos alunos para fazerem um resumo "*de tudo aquilo que estudámos*" (02:22) esclarecendo que é um resumo da Química. Tal resumo é uma enumeração de termos, palavras soltas que se identificam com títulos de assuntos tratados e que os alunos vão dizendo. A professora vai completando para encaminhar o diálogo de forma sequencial. No essencial, passa uma imagem de que a Química se resume a uma enumeração constituindo-se como rol de produtos acabados (retórica de conclusões). As perguntas que faz parecem não ter bem a intenção de ouvir as respostas e ideias dos alunos já que salta de pergunta em pergunta ignorando as respostas mesmo quando estas constituem

aspectos problemáticos, ideias alternativas já identificadas pela investigação. Tais ideias passam no discurso dos alunos e a professora ignora-as, aparentemente desconhecendo-as.

Sobressaem ideias confusas e falta de rigor no discurso, num diálogo demasiado coloquial, faltando exigência de organização das ideias e das palavras que as traduzem. As respostas discrepantes não são tidas em conta. A professora admira-se mas conduz os alunos pela sua própria sequência. O excerto pode ilustrar:

> *P- Processo de separação de misturas, então diferenciámos misturas e substâncias e... mais ou menos. Pronto, são as características das?... ou aliás, propriedades físicas que podem caracterizar as substâncias, muito bem! Então sendo assim o que nos interessa agora é estudar as substâncias. E por isso eu pergunto-vos uma coisa. Como são constituídas as substâncias?*
>
> *(03:22) A- Moléculas.*
>
> *P- Moléculas? O que são moléculas? Como são constituídas as substâncias, digam-me lá.*
>
> *A- (...)*
>
> *P- Por?...*
>
> *A- Partículas.*
>
> *P- Partículas? Porquê por partículas? Isto é liso? Eu estou a ver isto liso! (A professora passa a mão na secretária).*
>
> *A- Interiormente têm...*
>
> *P- Interiormente têm?*
>
> *A- (...)*
>
> *P- Muitas quê?*
>
> *A- Partículas.*
>
> *P- Então e têm assim tantas para que isto seja assim tão lisinho?*
>
> *A- Estão muito juntas.(~04:00)*

Trata-se do início do estudo da teoria cinético-corpuscular da matéria, quiçá das mais abrangentes da Química e das primeiras que os alunos tratam neste nível. É o início do estudo de um assunto em que a passagem de imagens consistentes sobre a ciência e a sua construção teria oportunidade de estar presente.

A condução da experiência faz-se sem esclarecer a base teórica, sem intenções clarificadas para os alunos. Desenrola-se num misto de ilustração e de confirmação, como o excerto pode evidenciar:

> *(04:50) P- Agora digam-me que evidência vocês podem tirar, ou como é que poderão provar que a matéria é constituída por corpúsculos?... O que é que podemos fazer para provar que a matéria é constituída por corpúsculos?*
>
> *A- Desfazê-la.*
>
> *P- Desfazê-la!? Então quer dizer que nós podemos dividir infinitamente a matéria até chegar a uma altura que já não conseguimos dividir mais? E é possível fazer isso? Se calhar não. Para chegar à partícula mais pequena... se calhar não é. Então agora reparem numa coisa... (05:35) Para já vou pôr isto a aquecer. Daqui a bocadinho vou precisar dela quente. (A professora efectua o aquecimento, com a ajuda de um tripé, uma placa de amianto e uma lamparina, em cima da sua secretária. Coloca no goblé um líquido e este vai aquecer. Noutro goblé coloca o mesmo líquido).*
>
> *(06:36) P- Tenho aqui uma substância... vamos ver o que é que acontece a esta substância quando a gente a mete na água. O que é que lhe acontece?*
>
> *(.../...)*
>
> *P- (.../...) Pronto, e esta substância que eu aqui pus... que por acaso é permanganato de potássio, também é constituída por corpúsculos?*
>
> *A- É.*
>
> *P- Então para acontecer o que ali está a acontecer o que é que tem que acont...*
>
> *A- (...)*
>
> *P- Acumular? Então se estivesse a acumular iam todos para o mesmo sítio.*
>
> *A- Acomodar!*
>
> *P- Ah! Acomodar, desculpa! Acomodar, como?*
>
> *A- (...) espaços para os outros.*
>
> *P- Estão a arranjar espaços para os outros?*
>
> *A- Sim.*
>
> *P- Então se estão arranjar espaços para os outros é porque há espaços entre eles... entre as partículas. Então dizem que a matéria é constituída por partículas e que há espaços entre as partículas, é? Então se houver espaço entre as partículas... e pronto, sem mais conclusão nenhuma, o que é que vocês me podiam dizer?*
>
> *A- (...)*
>
> *P- Que isto ia para o fundo, ficava lá no fundo nos espaços que há lá no fundo... era, não era? Mas isto começou a vir ao de cima... começou, não começou? Sem eu*

mexer. Eu ainda não mexi. Está-se a começar a espalhar pelo líquido todo, ou não? Então porquê? Porque se está a espalhar! No fundo já não há espaço? Então o que é que acontece ao excesso dessas partículas que, segundo essa teoria... ao excesso de partículas que já não têm espaço?

A- Movem-se.

(09:16)P- Só? Então só, move-se?

Quando parece existir uma questão orientadora para o estabelecimento de previsões, ela acaba pela resposta dada pela professora. As respostas discrepantes e incorrectas dos alunos não são tidas em conta, o mesmo acontecendo quando é, aparentemente, dada alguma atenção às suas ideias; de qualquer modo acaba sempre por ser a professora a concluir, na forma que dá sequência ao seu discurso. Tal aspecto é, por exemplo, notório, quando o aluno sugere que a explicação para o espalhamento da cor roxa na solução de permanganato de potássio é devido ao "*acomodar das partículas nos espaços*", num modelo mecanicista, e a professora vai direita à conclusão pretendida, como se evidencia no excerto:

P- Acumular?! Então mas olha lá, tu não estás a ver esta cor roxa também em cima?

A- (...)

P- Então como é que lá chegou o roxo? O que era a substância que eu lá meti?... Sabemos que a água é transparente... Então como é que o roxo lá chegou?

A- (...)

P- É ou não é? Como?... Em princípio será isso, não é? Então vamos lá ver... vocês dizem-me que (a professora dirige-se ao quadro e escreve) a matéria é constituída... não escrevam ainda... por partículas... Mais? Do que vocês viram, o que é que vocês concluíram mais?

A- Há espaços...

P- Existem espaços. Existem espaços entre as partículas, maiores ou menores (...) os espaços entre elas podem ser maiores ou menores, dependendo do quê?

A- Do estado físico.

P- Do estado físico, sim senhora! Existem espaços entre as partículas. Mais? Tiraram outra conclusão ... (a professora apaga a lamparina)

A- Movem-se.

(10:55) P- Movem-se. Então as partículas estão em constante movimento... Agora vou deitar a mesma quantidade que deitei aqui... Mais ou menos a mesma coisa. Vou deitar e agora vocês vão-me dizer o que é que ali acontece. Se acontece a mesma coisa que aconteceu ali. (A professora coloca uma pequena quantidade de substância dentro do goblé que continha o mesmo líquido do goblé anterior, mas quente).

(11:52) P- Está a ficar mais roxo, ou não?

Na situação de ensino a que se reporta o transcrito anterior não há verdadeiras situações de previsões nem desafios conduzidos numa perspectiva de mudança conceptual. Geram-se algumas confusões que não são intencionais e não têm evolução pela discussão das ideias e confronto com eventuais situações experimentais para os alunos testarem as suas ideias.

Nota-se uma ausência de referências à teoria e inclusivamente ao que é uma teoria, ao estatuto de teoria, que teria muito sentido no estudo desta temática da Química. É igualmente notória a ausência de qualquer referência à História da Química num assunto como o que está em estudo.

A professora vai dando os princípios da teoria cinético-corpuscular como "conclusões", numa imagem da ciência em que, aparentemente e de forma fácil, tais conclusões viriam da experiência por acumulação de provas até à conclusão que assim teria um valor de generalização. Os alunos teriam concluído a partir da observação. Inicia-se pela experiência/observação até à regra geral. Identificamos algumas expressões como denunciadoras de um posicionamento epistemológico de pendor empirista/indutivista. Não passa uma imagem de ciência como construção problemática, em que o papel da criatividade é essencial para o estabelecimento de teorias que ultrapassam outras e que necessitam da aceitação pela comunidade científica, como se evidencia:

P- Regra geral, os espaços são os mesmos; há é mais choques entre as partículas e mais movimento entre as partículas. Então o que é que podemos concluir acerca disso? Quanto maior?... Olhem lá: agora ainda se nota mais a diferença, nota não nota? Então o que é que nós podemos concluir acerca disso?

As "quatro conclusões" que são tiradas das situações propostas pela professora não têm referência à teoria, antes conduzem para a teoria, numa perspectiva empirista de que o saber se constrói no sentido que vai da observação para a teoria.

A teoria cinético-corpuscular é apresentada num posicionamento de índole realista ingénua:

> *São estas quatro conclusões que nós tirámos que definem as chamadas teorias cinético-corpusculares. Cinético de movimento, corpúsculo de partículas. Que é que isso quer dizer, que a matéria comunga destas quatro características. Teoria cinético-corpuscular... tá?*

Exactamente na sequência do excerto anterior (ver descritivos) a professora lança uma questão, que inicialmente parece assentar na base teórica definida imediatamente antes, mas a forma como evolui afasta-se dessa aparente perspectiva inicial. Tal forma passa mais pela admiração causada, agora na perspectiva da "ciência como magia", um pouco à imagem das "mostras de fenómenos" para divertir o público dos séculos XVIII e XIX, explorando o que era insólito. Passa-se à experiência, pela experiência, pedindo a colaboração de um aluno, que não sabe bem o que vai fazer, nem para quê. O aluno confunde as coisas e simplesmente executa. Ocorre alguma imprecisão de linguagem que a professora permite, e usa. Por entre a execução, que o aluno realiza sentado, o diálogo é sobre "se confiam ou não no colega" mas numa perspectiva afastada da validade dos resultados que se discute, por exemplo, na comunidade científica, na apresentação pública de resultados. Outro aluno vem fazer "a segunda parte da experiência", deixando a imagem de alguma falta de rigor inerente à forma como é permitida a própria execução da tarefa.

> *(15:51) P- Ora muito bem! Sendo assim, digam-me vocês: se nós juntarmos, por exemplo, 50 cm^3 de um líquido com mais 50 cm^3 de outro líquido o que é que vamos obter no fim, quando juntamos?... Se nós juntarmos 50 cm^3 de um líquido com mais 50 cm^3 de outro líquido que é que nós vamos obter no fim?... Que volume?*
> *A- 100.*

P- 100 cm^3. Tem a sua lógica, não tem?! Então quem é que me quer vir aqui ajudar? Quem é que quer vir aqui ajudar? Ninguém?

(Um aluno oferece-se e dirige-se à secretária da professora).

P- Então vá lá (...) Quero que meças numa proveta 50 ml de água.

(16:40) A- Numa proveta?

P- Sim.

A- Numa destas qualquer, stôra? Posso-me sentar, stôra?

P- Podes. (O aluno senta-se junto da secretária e executa a medição).

A-100?

P- 50.

A- Então, stôra, não era 100?

P- O quê?

A- Não eram 100?!

P- Não! Isso só no final (...). depois quando chegares perto de 50 é que pões o coiso do esguicho. Vocês confiam nele? Que ele vai medir 50 ml? Confiam?

A- (...)

P- Olha (...) que eles não confiam em ti!... Eu quero ver!... Eu quero ver! (A professora observa a medição).

(17:39) P- Tá bom! Tá bom!

A- Está bom, não está?!

P- Tá! Podes-te sentar. Quem é que quer vir agora? Quem é que quer medir mais 50 ml?

A- (...) (Os alunos oferecem-se).

P- Toma lá (...) agora de álcool. Agora não tens cá esguicho. Agora não há esguicho para ninguém. Portanto, agora vê como é que tu te desenrascas! (Enquanto o aluno mede os 50 ml de álcool a professora pega num lenço de papel e limpa o líquido vertido na secretária. Alunos riem; a professora olha o relógio e os apontamentos).

(18:49) P- Então, demora muito?

Numa situação seguinte os alunos tentam uma explicação e poderia assim entender-se como interpretação com base em modelos teóricos. Há uns laivos, mas fica incompleta a potencialidade de explorar a situação, aparentemente porque a professora não percebe as ideias dos alunos que afloram nas respostas que dão. É notório no seguinte excerto:

P- Ah! Eu também. Ora bem, agora digam-me vocês, ao se misturar estes 50 cm^3 de cada uma destas substâncias, obrigatoriamente, à partida, não é?... Deviam ter quanto?

(.../...)

(20:41) P- Dá 100?

A- Porque o álcool vai para o espaço dos outros (...)

P- O álcool vai para o espaço do outro?

A- Pois, stôra.

P- Porquê do álcool?

A- (...) as partículas vão-se meter para (...)

P- Ah é?

A- Pois (...)

P- E quem é que diz que eles lá cabem?... Vamos experimentar? Agora quero que me digam: eu mostro-vos a todos o que cá tenho. (21:24).

(A professora juntou os dois líquidos numa proveta e passa de carteira em carteira mostrando-a).

A- Não dá 100!

P- Não?! Oh que chatice!

A- (...)

P- Ah! Não, não!! A princípio disseram-me que era 100 que dava!

A- (...)

P- Quem? Mas está lá 100? E confiaram nas medições do Henrique e do Bruno, não confiaram?

A- (...)

P- Eu verifiquei e estava bem! Dá 100? Não, de certeza? Dá 100? Quanto é que lá está? É assim que se vê?

A- Noventa e oito.

P- Dá 98?! Faltam lá dois. Para onde foram os dois centímetros cúbicos?

A- Meteram-se na água.

P- Meteram-se na água.

A- A água é que se meteu...

P- Isso agora não interessa, quem é que se meteu em quem? Dá? Quanto é que lá está?

A- Noventa e oito.

P- Dá? É! Dá 98? Então, pronto, no total quanto é que têm?

A- Noventa e oito.

> *(23:32) P- Noventa e oito mais ou menos, mais coisa menos coisa, não é? Então o que é que isso quer dizer? Exactamente aquilo que vocês disseram à bocado, as partículas de umas vão-se encaixar no espaço existente das...*

Os próprios esquemas de que a professora se serve parecem-nos pouco cuidadosos como representações, até pelo próprio diálogo: "P- *Então vá... isto aqui é água às bolinhas... e aqui o álcool... vamos pôr outra cor, está bem?!*"

É notória a imagem de realismo ingénuo que sobressai com frequência do discurso da professora, bem como uma ideia de aprendizagem por descoberta (APD) como se os alunos tivessem descoberto eles próprios a partir da experiência realizada:

> *P- A mesma coisa (...) (A professora acaba o esquema no quadro). Então agora vamos pôr aqui tudo misturado. Olhem, digam-me uma coisa: aqui na água existe o mesmo número de partículas que aqui? As partículas de água que existem aqui são as mesmas que existem aqui?*
>
> *A- Sim.*
>
> *(24:36) P- Se aqui houver um milhão de partículas, aqui é um milhão de partículas que existe? (aponta para o outro)*
>
> *A- Sim.*
>
> *P- E de álcool, existe as mesmas que existe aqui? Se aqui houver dois milhões de álcool, não há tanto... mas, se aqui houver dois milhões de partículas de álcool aqui também existem?*
>
> *A- Sim.*
>
> *P- Está bem. E assim se consegue chegar à conclusão que na realidade existem espaços vazios entre as partículas e que quando fazemos... quando misturamos duas substâncias se vão meter nos espaços vazios de um e de outro. Querem escrever?... Tu não? (25:31)*

Há aspectos de falta de rigor científico, que envolvem a aula toda, e que provêm, na nossa opinião, da ausência de preparação epistemológica sobre o assunto. É, por exemplo, a referência ao número de partículas de álcool e água que poderão existir no volume dos dois líquidos que foram medidos e que poderão ser base de dificuldades presentes e futuras dos alunos relativamente à própria compreensão da teoria cinético-

corpuscular e da noção de mole... A professora continua, ditando a conclusão a que tinham chegado, numa imagem de ciência feita de produtos acabados, a reter em forma definitiva.

Na sequência do episódio transcrito e analisado, a professora passa em revisão as propriedades, macroscópicas e microscópicas, dos estados físicos da matéria e as mudanças de estado físico, em diálogo com os alunos, seguindo com as respostas soltas que dão sequência à sua ideia, tendo os alunos que completar com palavras isoladas e não sendo exigida uma organização da resposta de modo a evidenciar que se compreende a situação da resposta.

Quando a preparação do assunto, na planificação, não é feita tendo uma preocupação epistemológica subjacente, de procurar compreender o processo de construção do saber nas suas ligações com múltiplos aspectos mas numa procura de rigor, correm-se maiores riscos de imprecisões na linguagem que impedem a clarificação de conceitos. Quando a professora pergunta *"Como é que funciona o mecanismo da passagem do estado sólido ao estado líquido"*, respondendo um aluno que *"é a partir do ponto de fusão"* o que a professora aceita, *"sim senhora, é quando se atinge o ponto de fusão daquela substância"*, passa uma imagem de grande imprecisão. A professora parece não ter consciência do que pedira, num posicionamento mecanicista ingénuo (a expressão "descrever o mecanismo" é frequente em ciência, por resquícios do mecanicismo do século XIX). Embora a professora venha a explicitar mais a sua intenção de explicar "o que é que acontece às partículas", a forma como perguntara não é clara para os alunos *"P- Não é preciso fazermos nada?... (31:20) A- Fazermos nada como, stôra?"*.

A professora vai dando pistas com questões para completar, de resposta curta, correspondendo a baixos desempenhos dos alunos.

A imagem de ciência de palavras e de definições, a serem escritas no caderno, produto único, passa por exemplo em situações como a do episódio seguinte:

(32:37) P- Ebulição e para isso é preciso o quê?

A- Fornecer energia.

P- Fornecer energia.

A- E as partículas afastam-se e têm mais liberdade de movimento.

P- As partículas afastam-se e começam a ter liberdade de movimento. Então quer dizer que elas começam a ficar cada ve... do estado sólido para o líquido... quem é que me vai buscar a manivela? (...) vais buscar a manivela, vais lá, se faz favor? (33:01) (A aluna levanta-se e dirige-se para a porta. A professora continua).

P- Do estado sólido para o líquido e do líquido para o gasoso começam a ficar menos ligadas entre si, é ou não é? (33:07) (A professora coloca o acetato no retroprojector e prepara a focagem da projecção).

P- Então aquilo a que nós chamamos forças de coesão ... (A professora escreve no quadro "Forças de coesão")... Forças de coesão são forças que mantêm as partículas unidas. As forças de coesão vão sendo cada vez menores. No estado sólido as forças de coesão são fortes para conseguir manter ali as partículas todas juntinhas umas às outras. No estado líquido são menores e no estado gasoso, então, são muito menores. (33:56) (Entra a aluna com a manivela, entrega à professora que vai descer o estore da janela).

P- Querem escrever o que são forças de coesão?

A- Queremos.

P- Então escrevam lá! ... Pode ser?

A- Pode.

P- Forças de coesão são forças... que mantêm...

A- (...)

P- Que mantêm os corpúsculos... ligados, entre aspas...

A- (...)

P- Ligados, entre aspas, entre si.

A- (...)

P- As forças de coesão nos sólidos... são muito fortes nos sólidos... são muito fortes, vírgula, nos líquidos... vírgula, nos líquidos são mais fracas... e nos gases muito fracas, praticamente inexistentes (A professora liga o retroprojector).

Ainda noutro episódio gera-se alguma confusão na distinção de nível macro e micro, acabando a professora por recorrer a uma analogia que pode ajudar a clarificar a situação pretendida mas que não é teoricamente explorada como tal e se fica "pelo exemplo".

Mais à frente, é a própria professora que, na ausência de rigor de linguagem, passa a C A de que ocorre desaparecimento de matéria por passagem ao estado gasoso:

> *(35:58) P- Ora bem, temos ali um copo com uma substância cheia de partículas, não é? E vamos fornecer energia àquelas substâncias. Se vocês repararem primeiro (...) vamos supor que aquilo é um líquido já também por que se fosse um sólido estavam quietinhos, só a vibrar, e aquelas partículas já andam.*
>
> *(.../...)*
>
> *P- Desaparecem dali. Ao desaparecer dali vão-se embora. Não há outra maneira de (...)*

96/05/08

O sumário da lição número 108 é: "Variação do volume de um gás com a pressão sobre ele exercida. Resolução de exercícios". Inicia-se a aula, após a distribuição de umas folhas aos alunos, pelo resumo dos princípios da teoria cinético-corpuscular.

A teoria estudada surgira na aula anterior como um conjunto de "conclusões" que os alunos devem saber enumerar de forma algorítmica.

Tal como noutras situações, pensamos que alguma falta de rigor científico se prende com a falta de reflexão epistemológica sobre o assunto. Veja-se, por exemplo, o seguinte excerto de aula transcrito, em que parece haver confusão de nível (substância/partícula) que pode resultar perigosa para os alunos relativamente à formação de conceitos. A analogia usada pode ser interessante mas explicitado o confronto com a teoria que a suporta como tal. Os aspectos apontados podem trazer dificuldade na compreensão do que se entende por "substância", no "estado gasoso", inclusivamente no conceito abstracto de "gás ideal":

> *P- A temperatura, é isso? Óptimo! Então quer dizer que a temperatura é uma medida do movimento das partículas! Certo? Então agora vamos supor que eu tenho aqui um gás. (A professora dirige-se ao quadro e desenha).*
>
> *P- Temos aqui uma caixa e lá dentro há uma gás. Ora bem (...) é constituído por partículas?... Pronto, aqui vamos ter partículas...*

(03:59) P- Primeira coisa, acham que as partículas das substâncias são todas do mesmo tamanho?... Há umas maiores do que outras, certo! Então as que são maiores vão ocupar espaços maiores do que as mais pequenas?... No estado gasoso... estamos a falar do estado gasoso... as partículas (...) vão ocupar mais espaço... substâncias gasosas... vão ocupar mais espaço? O que é que vocês acham? Sim! Toda a gente concorda? Então agora imaginem o seguinte: que esta sala é aquela caixinha, certo! E que cada um de vocês é uma partícula constituinte do gás que aqui está... certo? Não há aqui uns mais altos do que outros?

A- Sim.

P- Pronto, então agora vamos supor que todos são da mesma altura e eram todos gordinhos e todos muito grandinhos, pronto. Pelo facto de serem maiores ocupam mais espaço do que se fossem mais pequenos?

A- Não.

P- Porquê?... Porque a sala tem dimensões enormes relativamente ao vosso tamanho, é ou não é? Portanto o volume ocupado por um gás é independente do tamanho das partículas porque ocupam o espaço entre as partículas... no estado gasoso é tão grande que praticamente o tamanho das partículas, ser maior ou menor, não interessa para o volume que o gás ocupa! Querem escrever?

A- Sim.

Por vezes a professora lança uma questão que poderia constituir um bom ponto de partida para previsões com base na teoria acabada de tratar, mas acaba por se perder o sentido da ligação à teoria:

P- Então e agora digam-me uma coisa... eu não pergunto porquê... vocês dizem que há cá ar... porquê, que há ar? Porquê?...

A- Porque não há lá nada.

P- Porque não há lá nada?... Eu tenho aqui a seringa e faço isto (a professora puxa o êmbolo) e entra ar por aqui, óptimo! Então há aqui um determinado número de partículas de ar? Certo?! Então se eu agora tapar o êmbolo o que é que acontece?

A- Não passa (...) não comprime o ar.

P- Comprime?

A- Não.

P- Porque não?

A- (...)

P- Eu tapo a saída do ar e não consigo carregar aqui, é? Pronto, fica sempre com este volume?

A- (...) não.

P- Ela diz que não (...) diz que se pode comprimir.

A- (...) os gases são muito compressíveis...

P- Calma... diz lá (...)

A- (...)

P- Está lá o ar dentro. Eu tapo e já não dá para carregar aqui... também concordas? E tu?

A- Não, stôra (...) dá para comprimir.

P- Dá para comprimir. Ela diz que dá para comprimir... porque dá para comprimir?

A- (...) porque o ar (...) os gases são compressíveis.

P- Porque os gases são muito compressíveis. Então os gases não são compressíveis!? Então vocês não acabam de dizer que no estado gasoso os espaços entre as partículas são enormes? ... é apertar... é ou não é? Se apertamos o que é que acontece?...

A- Fica mais...

P- Fica?...

A- (...)

P- Não não (...) também não (...) muita força (...) juntam-se mais, então juntam-se mais, vão ocupar mais ou menos volume?

A- Menos.

(08:48) P- Menos. Então consigo ou não consigo apertar? Só a partir daqui é que não consigo, certo?! E chegou-se à conclusão daquilo que vocês já sabiam, que os gases são compressíveis.

Do ponto de vista pedagógico o bom humor da professora e o bom ambiente seriam ingredientes importantes para um bom clima de aprendizagem. Mas ao longo do desenvolvimento da aula está sempre presente a ideia de caminhar para conclusões/definições que os alunos "sempre querem escrever" numa imagem de ciência como corpo de conhecimentos a registar, reter e repetir (descritivo da aula de 14:00 a 24:00).

Após o conjunto de conclusões registadas nos cadernos passa-se ao treino, algoritmizando as situações. A professora recorre ao manual escolar. Vai circulando e conversando com os alunos não os deixando aperceber-se das dificuldades que sentem e

discutir ideias com os colegas. Passa-se de imediato à resolução. É a professora que vai, principalmente, respondendo, admirando-se contudo de os alunos não saberem o que tinha sido tratado no dia anterior. As respostas, quando dadas pelos alunos, são curtas e pobres. A exigência conceptual da professora é pequena.

Com a resolução dos exercícios propostos repete-se todo o assunto e da mesma forma metodológica, não se distinguindo do anterior tratamento. É o diálogo, em forma de questionamento, em que a participação dos alunos se faz por respostas curtas ou de completamento.

Passa alguma imagem de antropomorfismo da natureza ao longo da aula, principalmente no discurso da professora. Por exemplo em (32:00):

> *P- É, sim senhora, é constituído por corpúsculos. Não é só um gás que é constituído por corpúsculos mas também... mais... mais nada?... coitadinho do gás... pobrezinho... sabes mais, Joana?*

ou:

> *P- Porquê? Porque aumentou a temperatura também dentro do balão, é? Então e depois o que acontece a estas partículas?*
>
> *A- (...)*
>
> *P- Querem-se expandir. Então se se querem expandir... e o que é que acontece?*
>
> *A- (...) o volume aumenta.*

ou ainda:

> *P- Não pode ir para baixo? ... Elas querem é mexer-se ou para cima ou para baixo ou para o lado. Elas querem é mexer-se...*

96/05/13

(Tinham sido tratadas em aula não videogravada os símbolos químicos dos elementos)

O sumário da aula é: "Noção de molécula. Fórmula química molecular. Substância elementar e composta. Resolução de exercícios".

Inicia-se a aula pela resolução de exercícios que os alunos tinham resolvido como trabalho de casa. Apesar de o sumário ser "noção de molécula" a professora começa por perguntar a constituição da molécula de metano. De palavra em palavra os alunos vão dizendo a composição da molécula. A aula desenvolve-se com exemplo após exemplo. Vem ao de cima a ideia frequentemente encontrada nos alunos de que o coeficiente nas fórmulas químicas indica um número de moléculas representadas pelo símbolo químico a que está aposto ($3H_2O$ conteria três moléculas de hidrogénio) e a professora simplesmente pede rectificação a outros alunos e avança sem mais esclarecimentos, ignorando que se trata de uma concepção frequentemente surgida entre os alunos.

Neste momento do percurso da Química já parece afastada a teoria cinético-corpuscular e o saber é feito de aspectos aproblemáticos, encarados de forma simplesmente sequencial e linear, aparentemente sem ligação uns com os outros e sem ligação à teoria que os suporta. Parece que se entrou num processo de repetir algoritmicamente exercícios para aprender mecanismos de resolução, na passagem de uma imagem de ciência como se ela pudesse ser ingénua e despida de subjectividade, essencialmente objectiva. Veja-se por exemplo o seguinte excerto:

> *P- O número atrás indica exactamente o número de...*
>
> *A- Moléculas.*
>
> *P- Unidades estruturais (faz gestos com os braços) que existem... Três unidades estruturais. Então, e qual é a unidade estrutural? É o átomo ou é a molécula, naquele caso?*
>
> *A- Molécula.*
>
> *P- Átomo ou molécula? Então vamos lá. Então vamos lá: Três quê?*
>
> *A- Moléculas.*
>
> *P- Três moléculas de água. Olha: Então a primeira coisa (10:00) que temos que pôr é que é constituído por três moléculas de água... (escreve) E agora, estas três moléculas de água, eu quero saber quantos átomos lá existem e que tipos de átomos, ou seja... Para já: Quantos diferentes elementos lá encontras?*
>
> *A- Dois (falam; professora escreve) hidrogénio e oxigénio. Quantos átomos de hidrogénio e quantos átomos de oxigénio?*
>
> *A- Seis de hidrogénio...*

P- Seis de hidrogénio. Achas que concordas? Ora...

A- Sim. E três de oxigénio.

P- Cada molécula tem dois, se são três moléculas... tens que três vezes dois, seis. Seis átomos de... (escreve) e de oxigénio?

A concepção alternativa já identificada em situação anterior da aula volta a surgir; ela não fora discutida nem tida em consideração. A professora repete a explicação, mas não tendo em conta que se trata de uma concepção alternativa frequente que aflorará logo que se propicie de novo pela persistência que sabemos caracterizá-las. A resolução deste exercício, de forma oral e por respostas individuais de alunos aleatórios, não constitui um processo de mudança conceptual. O uso de modelos didácticos, construídos e manipulados pelos alunos, em grupo, poderia conduzir a uma compreensão mais duradoira da organização molecular, de acordo com a teoria cinético-corpuscular e constituiria uma estratégia mais interessante para os alunos.

P- Cada molécula tem dois, se são três moléculas... tens que três vezes dois, seis. Seis átomos de... (escreve) e de oxigénio?

A- Três.

P- Três. Cada molécula tem quantos? (11:00)

A- Um.

P- Se são três moléculas... (escreve no quadro; apaga outra parte; a professora ouve alguma coisa dita pelos alunos)

A- H_6, 3O?

P- Nã, nã, nã... A molécula é H_2O. Nós não podemos mexer no meio da molécula.

A- ... em vez de (...)

P- Não... (...) no meio da molécula... Porquê?... Porque para ter aquela propriedade, obrigatoriamente tem que ter... o quê?... Dois átomos de hidrogénio e um de oxigénio. (...) à molécula no meio e deixou de ser a mesma coisa (volta ao quadro e escreve; não dá ênfase ao que o aluno dissera)

Vem ao de cima a falta de compreensão dos alunos em relação à noção de molécula e sua representação. Há uma aparência de que se trata da primeira vez que os alunos (alguns alunos) se dão conta de que letras maiúsculas seguidas representam

elementos diferentes. Tal pode ser tomado como um indicador da falta de participação activa dos alunos na aprendizagem, atribuído eventualmente à metodologia pouco diversificada, e sem ser fundamentada numa preparação epistemológica do assunto, usada pela professora. Sobressai uma imagem de ensino da ciência como um enumerar de aspectos tendendo para a algoritmização, evidenciando-se "o que é necessário saber" e perdendo-se progressivamente o significado químico. Veja-se como indicador o excerto seguinte:

P- É ácido sulfúrico!... Ácido sulfúrico. (12:00)

A- Oh stôra... $4H_2$ e depois?...

P- SO_4 (soletra) Então digam-me uma coisa!... São quê?...

A- Quatro moléculas.

P- Quatro moléculas. (escreve) Quatro moléculas de ácido sulfúrico... Sendo quatro moléculas de ácido sulfúrico, primeira pergunta: quantos tipos de elementos diferentes constituem aquela molécula? (13:00)

A- Três!

P- Ai é?

A- Então... o O... (alunos falam sobre o assunto uns com os outros)

P- Então não percebi!

A- Mas conta só um... ou como dois?

P- É diferente o S do O?... Não...

A- É só um...

P- É?

A- É.

A- Não é nada verdade!...

P- Eu disse-vos que é a mesma substância, se a primeira letra for maiúscula e a segunda minúscula. Se são letras maúsculas todas de seguida... cada uma delas corresponde a um elemento diferente.

A- Ah!

A aula prossegue com a repetição de exercícios em tudo semelhantes aos anteriores. Vão surgindo/aflorando novas dúvidas dos alunos cujo tratamento pela professora indicia ausência de exploração de erro, por uma forma de rápida superação da dúvida, sem atenção ao que pode encerrar a existência de tal dúvida na mente do aluno.

As dúvidas fazem sentir a pouca relação entre o conhecimento que é passado na aula e a sua plausibilidade teórica, como por exemplo, a propósito da fórmula molecular do ácido sulfúrico:

P- Quatro... cada átomo... Ah! Desculpa, quatro cada molécula (15:00) Mas são quantas moléculas?

A- Quatro.

P- Então, quanto é que dá? (algumas respostas) Quatro. Tanta gente que se chama Marta nesta turma. Então... Se cada molécula é constituída por quatro átomos de oxigénio, não é?... Então, quatro moléculas, quantos átomos de oxigénio têm ao todo? (ninguém responde) Está percebido? (voltada para os alunos; volta depois a apagar o restante quadro) E agora vou pôr ali... (escreve) (16:00) (alunos falam) E agora?

A(vários)- Dois átomos.

P- Vocês concordam que aquilo tudo é só dois átomos de hidrogénio?

A- Sim!

P- Então constitui uma molécula ou um átomo?

A- Molécula!

P- Molécula. Porquê?

A- Sim!

P- No momento em que se juntam dois ou mais átomos já ficam com a formação de uma molécula, não é? (escreve) de hidrogénio, constituída por dois átomos de hidrogénio (soletrando e escrevendo; silêncio)

A- Oh Stora?

A- Se fosse só H...

P- Se fosse?

A- Era... H...

P- Só H.... Espera lá... Agora reparem (17:00) na diferença destas duas moléculas... Qual será a diferença entre aquelas duas moléculas?

A- Qual? A de cima e a de baixo?

P- Sim.

A- É mais complexa, a de baixo.

P- É mais complexa?!!

A- Sim.

A- Concordo com ele.

A- Tem mais átomos.

P- Tem mais átomos?

A- Tem mais moléculas!

P- Tem só mais átomos?

ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO CASTELO BRANCO OFERTA

A- Não. Tem mais átomos e moléculas.

P- Então, reparem... Não vamos contar as moléculas... não tem nada atrás e é só uma molécula. A única diferença que vocês vêem é que a de baixo tem mais átomos que a de cima? (de 15 :00 a 19:00)

No excerto anterior a professora prossegue em direcção ao saber que quer passar para os alunos, ignorando as dúvidas deles ou rapidamente as superando. É uma imagem de um saber linear feito de definições e algoritmos com base nessas definições. Volta de novo a confusão entre átomo e molécula (que se repete ainda mais à frente (21:00)). Não teria ficado compreendida a distinção de entidades estruturais na organização da matéria. É nestas situações que o uso de modelos didácticos moleculares parece poder ter um papel importante e útil e constituir uma representação mais expressiva que a escrita da fórmula no quadro onde os coeficientes podem gerar dificuldades não resolúveis nessa forma. A comparação dos modelos com a escrita da fórmula poderia resultar interessante e mais esclarecedora. O assunto vai sendo desenvolvido e passa rapidamente para uma definição de molécula, substância elementar e substância composta...

Após algum tempo de mais situações semelhantes, um aluno pergunta: *"Oh stôra... vai meter assim... alguma coisa... que a gente não saiba?..."*, preocupado com a ficha de avaliação. A professora inicialmente não lhe responde mas acaba por o deixar, e aos colegas, descansados, prometendo que não vai *"lá meter nenhuma molécula complicada que vocês não saibam dizer o nome dela"*.

Os alunos prendem-se principalmente com termos e questões de ortografia, uma vez que a professora dita a definição de molécula diatómica, triatómica, etc., numa imagem, já referida, de "ciência de definições" exclusivamente transformada num corpo de produtos a reter, sem importância a outros aspectos do conhecimento científico.

A professora promete que na aula seguinte os alunos irão "*trabalhar com os modelos... com aquelas bolinhas todas* (33:00)", aparentemente desvalorizando o papel dos modelos didácticos na estruturação da aprendizagem e fazendo sobressair o seu valor principalmente lúdico, e precipitando-se para a resolução de exercícios a partir do

manual escolar. Trata-se de uma resolução de exercícios para treino, de forma rápida e em série. Não discutidos, não problematizados, em que o método é em tudo semelhante ao da apresentação do assunto pela primeira vez: contando com os alunos que já (efectivamente) sabem!

Nesta resolução há um breve episódio em que surge a expressão *"Nós vamos verificar que há determinadas partículas que o número não é igual... portanto já não se chamam átomos, não é?..."*, referindo-se a aulas seguintes em que irão tratar experimentalmente o assunto da migração dos iões, que pode ser interpretada como uma atitude perante o saber e o papel da experiência: o de verificar.

96/05/16

A aula inicia-se por revisão de aspectos já tratados em aulas anteriores. À pergunta "As substâncias são constituídas por?", os alunos respondem com as suas dúvidas pela falta de compreensão global do assunto. Para a professora o saber parece dever ter que ser preciso, inequívoco, rápido, traduzindo uma ciência de factos, definições e conclusões independentes dos quadros teóricos que as sustentam; contudo, pergunta como são constituídas "as substâncias" e não se discute a resposta "por átomos", traduzindo eventualmente uma dificuldade, já notada, de distinção de níveis microscópico e macroscópico (descritivos de 0:00 a 2:00).

Nesta aula, e após breve revisão, útil para avançar, inicia-se o estudo dos iões. Sobressai a forma assente no efeito de surpresa causado por uma experiência a realizar sobre o retroprojector. É uma imagem de empirismo dando ênfase "ao ver" e a uma abordagem do assunto com início pela experiência e pela observação. A professora descreve o que os alunos devem observar, cria alguma expectativa que se dissolve rapidamente pela metodologia de condução fechada do diálogo. O termo "ver" é usado frequentemente neste episódio. Prevalece o efeito de surpresa sobre a previsão, que embora esteja presente não é demarcada, e a professora sobrepõe sempre a sua

explicação às ideias dos alunos que usam frases curtas, não organizam as intervenções e respondem um pouco ao acaso:

P- Há-de haver? Então vamos ver se há-de haver ou não! (dirige-se à secretária, tem o retroprojector preparado com algum material e liga-o; alguns comentários) (2:00) Esperem!... (tenta ajustar o projector) Tenho ali água e agora vou-lhe deitar ali umas substanciazinhas... (a professora, em silêncio, vai mexendo sobre a placa do retroprojector) (3:00) Já vai! (alunos aguardam) Então, apaga lá a luz. E agora vou ligar isto... (4:00) (a professora continua em silêncio de volta do aparato; vem até junto dos alunos) Vamos ver o que é que ali acontece!... Para já, já podemos reparar numa coisa, é que a parte que ficou arroxeada só vai para um lado. A substância que eu lá meti e que fica roxa só vai para um lado, e para o outro... vejam se conseguem ver mais ou menos a tonalidade. (5:00) (professora dirige-se ao retroprojector; alunos aguardam) Já conseguem ver?

A- Não.

P- Não?!... Olhem lá, acham que esta cor aqui no meio... Oh meu menino, queres ir para a rua?

A- Não.

P- Então vamos lá ver!... Se eu volto a ver uma coisa dessas vais logo para a rua, está bem?... Vocês acham... acham que esta cor aqui no meio está igual a esta cá em cima?

A- Não. (baixo)

P- Aqui?... A esta?... aqui? Está um bocadinho mais escuro?!...

A- Está azulinho.

P- Azul, roxo...

A- Parece amarelo...

P- Porque este tom é transparente... Aqueles ali estão a andar, estão a ver?... (apontando para a imagem projectada na parede) Estão a ver?

A- Ah!

P- Aqui, agora, não se nota nada? Estão a ver?

A- Ah! Nota, nota...

A- Não nota...

A- Oh stôra, diga lá o que é que lá pôs!

P- Não sei e não quero saber... Eu liguei isto à corrente eléctrica... Eu liguei aquele aparelhinho à corrente eléctrica. Já vamos ver o que é que lá acontece... (17:00) E depois deu aquilo... Olhem... eu deitei as duas substâncias mesmo ao meio (faz gestos)

e para um lado vai uma e para o outro lado vai outra. Porque é que será? Ainda por cima liguei aquele aparelho à corrente eléctrica...

Por fim, um aluno acaba por confessar que não percebeu nada. Os alunos "não vêem"; a professora vai chamando a atenção para o que pretensamente os alunos "deveriam ver". A interpretação é feita pela professora; embora pergunte aos alunos é ela que vai dirigindo as respostas por perguntas orientadas; o aspecto é o de "aparente descoberta pelos alunos". Afloram dificuldades não resolvidas relativamente ao próprio conceito de ião. Para a professora "é óbvio", mas tais situações de dificuldade conceptual aflorarão mais à frente:

P- Toda a gente concorda? É o que se pode concluir... dali... O que aconteceria se não tivessem carga, o que é que aconteceria àquela?...

(.../...)

Aparentemente, nada nos diz que não são neutras... Mas por aquilo que está ali a acontecer, nós chegámos à conclusão que neutras não podem ser! Então o que é que acontece? Se uma vai para o pólo positivo e outra vai para o pólo negativo (10:00) é porque têm cargas. A que vai para o pólo positivo será qual?

A (vários)- (ouve-se "neutro") Negativa.

P- É negativa. E a que vai para o pólo negativo?

A (vários)- A positiva.

P- A positiva. Então vamos ali pôr o que é que ali está... (vai ao quadro)... eu vou... pôr as duas substâncias aqui... um bocadinho de cada uma.

A- Oh stôra eu não percebi nada.

P- Eu pus aqui... liguei o pólo positivo aqui e o pólo negativo aqui (faz um esquema). As... então as partículas que se deslocam para ali, são quais?

A (vários)- Negativas.

P- Negativas, não é? E as que se deslocam para aqui?... São as?... Positivas... Então... se esta substância tiver alguma partícula que seja positiva ou negativa (11:00) e esta... positiva ou negativa... são as substâncias que lhe dão cor... Neste caso é o MnO_4^- (escreve). Assim já passa a ser negativa. Porquê? Já vamos ver. Então... ali... ali em cima é? (escreve) e esta é... (escreve) Então chegamos à conclusão que nem todas as partículas são neutras. Há umas negativas e outras positivas (a professora vai até ao retroprojector que continua ligado. (12:00)

(.../...)

P- Um excesso de três electrões. Então digam-me lá: um excesso de um electrão, o que é que lhe poderia ter acontecido? Ganhou esse electrão ou perdeu um protão?

A (vários)- Ganhou.

P- E porque é que não poderia ter sido perder o protão?

A- Não... Pode ser as duas coisas.

A professora reage, com alguma indignação, à resposta dada pelo aluno. Vai perguntando, aluno a aluno, se acham que pode ser as duas coisas. Estes acabarão por decorar que não pode ser as duas coisas; eventualmente ressurgirá a ideia inicial. A professora encontra uma analogia "com lápis e canetas" mas que não é convincente para os alunos, aparentemente vindo em reforço das suas ideias iniciais. Apercebe-se e abruptamente termina com ela, voltando ao modelo atómico mas não sem algumas incorrecções que resultam da entrada em domínios de outros níveis, como seja a energia de ligação das partículas nucleares.

Passa simultaneamente uma imagem muito antropomórfica, ou antes, de "sujeito dominador da natureza" que pode pôr e dispor da ordem natural e "tocar" um nível que é submicroscópico, numa posição realista ingénua da ciência:

P- Nuvem electrónica. Nesse espaço nós conseguimos tirar e pôr... Mas será que podemos mexer nos protões que estão no núcleo?... Porquê? Se eu tirar um protão do núcleo... vai-se libertar muita energia... eu quero um átomo... (18:00) Quero o núcleo do átomo... Então eu posso mexer nos protões?

A- Não!

P- Nós podemos chegar ali e click! tirar um protão?

A (vários)- Não!

P- Ou chegar lá e meter um protão?

A (vários)- Não!

P- Os elementos químicos... eu disse-vos... são caracterizados pelo quê? Pelo número de protões... É ou não é?... Se têm cinco protões é um determinado elemento, se têm seis é outro... se têm quatro é outro... Então se não posso tirar um protão... Continua a ser o mesmo elemento?

A (vários)- Não.

P- Então eu posso mexer nos protões?

Esta repetição, tão frequente, da descrição da constituição do átomo, de que os alunos dão indícios de dificuldades, deveria constituir para a professora um motivo de reflexão sobre a aprendizagem dos alunos e da adequação das suas estratégias de ensino. Poderíamos questionar-nos, como afinal os alunos parecem fazê-lo, sobre a facilidade de "tirar" e "pôr" electrões, num nível atómico, mais próximo da dimensão do núcleo (onde não se pode "mexer") do que de uma "pedra" que podemos mudar de lugar (imagem nossa). A imagem, por um lado, de dogmatismo, imagem de ciência feita, inquestionável do "é porque é", cópia da natureza objectiva, uma frágil imagem de electrões nascendo e desaparecendo, no fácil que é, "tirar e pôr" electrões da nuvem electrónica, por vontade humana. Analise-se o excerto:

P- Então eu posso mexer nos protões?

A(vários)- Não!

P- Se não, o que é que acontece? Deixa de ser o elemento que eu lá tenho. Pronto! Então não mexemos nos protões, mexemos nos electrões. Então agora já sabem dizer porque é que uma substância adquire uma carga negativa. Porquê?... Porque aumentou o número de electrões. Aumentou que valor? (19:00)

A- Um.

P- Um. Então agora vamos ver esta aqui... passou a ser positiva. Dois mais... É uma partícula que ficou positiva, porquê? Porque ganhou dois protões?! Protões?

A- Electrões!

P- Electrões?!

A- Sim. (manifestam-se)

P- Então, se não se pode mexer nos protões... Podemos tirar essa conclusão... é ou não é?... Então se... ficou com duas cargas positivas a mais o que é que aconteceu às cargas negativas?

A (vários)- Tiraram-se! Duas...

P- Tiraram-se dois electrões... E se fosse três mais?

A (vários)- Retiravam-se três...

P- Tiravam-se três. E se fosse só mais?

A(coro) - Um.

P- Tirava-se um electrão. Então como é que nós podemos conseguir uma partícula com carga negativa?... Concluindo... (alunos fazem barulho) Porquê, porquê? (20:00)

Um determinado número de electrões. O que é que tem que acontecer ao átomo para ficar com carga positiva.

A- Tira-se o electrão.

P- Tiram-se electrões... Posso apagar isto? (apaga o quadro) Se eu tiver um átomo e lhe juntar um electrão (escreve) vai ficar uma partícula com carga, a que nós vamos chamar ião.

A (coro)- Ião!

Os alunos vão respondendo, principalmente, "sim" e "não", e palavras soltas, aparentando saber, mas revelando, a tempos, as suas dificuldades conceptuais que não parecem ser alteradas.

A situação da formação de iões não é discutida na perspectiva de entidades constituintes das substâncias, numa necessidade de compreender e explicar a estrutura e propriedades da matéria. A forma aparentemente abstracta, como é tratado o assunto, introduz incorrecções propiciadoras de dificuldades futuras.

Surge a preocupação habitual com a ficha de avaliação. A professora folheia o manual dos alunos e indica a tabela de iões, aparentemente na perspectiva da utilização algorítmica, imagem de saber feito de conclusões e "mostrado" principalmente sob a forma de resolução de exercícios tipo.

Um episódio importante, interessante numa análise do discurso epistemológico, é o que ocorre próximo do final da aula, vindo ao de cima, além de algumas incorrecções conceptuais, a fragilidade das estratégias de ensino ausentes de consistência epistemológica. Quando a professora pretende fazer a "conclusão" da experiência realizada, um aluno questiona de novo o próprio conceito de ião:

P- Este, tem carga é porque este se calhar também tem que ter... é ou não é?

A- Oh stora, eu não estou a perceber.

P- Então eu vou repetir. Que substância é que eu pus ali? Foi só esta... ou foi esta junta? Foi as duas, que é o que aqui está. Pode ler... Está permanganato de potássio (explica, no quadro, sobre os nomes das substâncias) não é? E eu disse-vos que a parte roxa era devido a isto.... e a zona azul, era devida a isto... e vocês disseram-me

assim: (35:00) então professora... se só estes é que mexeram, só estes é que têm carga, não foi?... Pronto. Então agora vamos lá a analisar... Quando eu junto... quando lá pus, era a substância junta, o K, e o MnO_4... se estas é que têm cargas, quando eu junto estas com estas, também ficava com carga... Certo? Mas... alguns já tinham concluído que as moléculas são neutras... ou têm carga? Que conclusão é que vocês tinham tirado acerca disto?

A- Neutras.

P- Que eram neutras... Isto... não existe... (apontando) certo? Então se isto não existe é por que o conjunto, o conjunto deste mais deste, não pode ter carga. Entenderam? Então se este é negativo... o outro tem que ser positivo. Vejam lá na tabelinha (os alunos iam interromper) Calma!... deixem-me só concluir isto. Vejam lá na tabelinha... o ião potássio... positivo. Então o que é que isto quer dizer?... Que esta substância é formada por dois iões: um positivo e outro negativo. Qual é a tua dúvida, Nuno? Diogo?

A- Oh stora.... Então por que é que ele se mexeu? Então se a carga do outro...

P- (interrompe) Tu não vês este a mexer porque não tem cor.

A- Ah!

P- Nós só vemos... eu pus lá... a substância... se os dois iões que compõem a substância tivessem os dois cores diferentes, que era para ver um ir para um lado e outro para o outro... Mas como este... é incolor eu não via (37:00) e depois vai o negativo para um lado e o positivo para o outro, mas como este não tem cor, é incolor, não se via... por isso é que tive que lá por este porque este vê-se... é azul... e este também é incolor (...) (toca) Deixem-me só acabar isto! Se eu juntar este ião com este... ia dar uma substância com carga, é ou não é? Se nós sabemos que as moléculas são neutras, se este é mais dois, quanto é que tem que ser este?

A (vários)- Dois menos.

P- Agora todos perceberam? Então o que é que nós podemos concluir? São substâncias iónicas. Fórmulas iónicas. Porque a molécula é formada por dois iões... e o que nós vamos aprender na próxima aula é como é que se fazem aquelas fórmulas, (38:00) como é que se chega aquelas fórmulas. Eu aqui conclui o quê?

A dúvida, só aparentemente extemporânea, parece-nos reveladora da ausência de ligação com assuntos que os alunos já tinham tratado sobre electricidade e carga eléctrica. Afinal os alunos não entenderam. A professora explica de novo, de forma ainda mais abreviada, mostrando contudo a sua preocupação com a aprendizagem, tal como a

entende, dos alunos. A partir daí inicia-se alguma confusão com a questão das fórmulas iónicas que será o assunto da aula seguinte e que a professora anuncia.

96/05/20

A aula inicia-se com a professora a pedir aos alunos que retomem o assunto anterior e o episódio inicial é motivo de reflexão uma vez que apresenta uma ambiguidade de termos que têm vindo a ser passados para os alunos numa imprecisão de linguagem que lhes dificulta a compreensão. Trata-se de necessidade de clarificar os conceitos e suas relações, de matéria e átomo, substância e molécula, partícula e unidade estrutural... representando níveis de abstracção diferente, que se não forem esclarecidos acarretam dificuldades de comunicação:

P- (00:10) Ora bem... (os alunos continuam a fazer barulho)... demos na última aula.. (os alunos estão mais calmos)... demos na última aula que as partículas nem todas são neutras. Dois tipos de partículas, corpúsculos, que sejam neutros? Digam!

A- Neutrões.

P- Não, isso são partículas constituintes doutras. A mim interessa-me é partículas que formam as substâncias. As mais pequenas partículas que ainda têm características dessas substâncias. Duas que sejam neutras?

A- Neutras? (A professora dirige-se a um dos lados da sala de aula).

P- Sim. Rita, diz lá. Duas que sejam neutras!

A- A... a...

P- A... é? Uma partícula? Não... Duas neutras! Duas partículas constituintes da matéria!

A- Não me lembro do nome, stôra.

P- Não te lembras do nome? E do teu, lembras-te?

A- Lembro.

P- Ah! Andreia! Diz lá.

A- (...)

P- Andreia!

A- (...)

P- (A professora ri da resposta da aluna) Isto está bom! Isto está muito bom! Partículas constituintes da matéria que sejam neutras. Que não tenham carga eléctrica.

A- (...) corpúsculos (...)

P- Helder? (02:00) Isto está bom. Isto está bonito!

A- (...) eu não falo.

P- Existem os átomos e... as moléculas...

A- Ah!

P- Ah! Pois que (...) E não se lembram do nome. Ou não querem puxar pela cabecinha?

A- Pensadora.

P- Pensadora? Isso já não. Ora bem, são os átomos e as moléculas. Mas há outras partículas que não são neutras, que são os quê?

A- Aniões.

P- Isso! Ou no geral são os quê? No geral.

A- Iões.

O episódio parece-nos igualmente revelador de ausência de aprendizagem por parte dos alunos. Falta de significado do assunto, eventualmente pela forma de abordagem que é feita, evidenciado pelo desinteresse dos alunos e pela dificuldade de articulação dos assuntos, que revelam. Estes não recordam a aula anterior, completamente dedicada ao estudo deste assunto (iões), incluindo actividade experimental (realização de experiência sobre o retroprojector). A professora admira-se com a dificuldade revelada pelos alunos mas não parece reflectir sobre tal questão. (Terá relação com o modelo de aprendizagem por memorização aparentemente interiorizado pela professora? Dependeria de os alunos ouvirem com mais atenção e estudarem para decorar termos e formas de resolução de exercícios tipo?).

A professora recorre a um modelo "de caixinha onde coloca cinco protões e cinco electrões". Não há referência explícita a que se está a referir a um modelo criado para ajudar a compreender o assunto e para discutir a questão da carga dos iões. O modelo é muito ambíguo uma vez que mistura "caixinhas" e "protões e electrões" numa aparente indistinção de níveis, e sem usar o necessário cuidado que a analogia requer. A analogia revela-se perigosa porque protões e electrões são colocados na mesma "caixinha" e portanto não parece adequado teoricamente à descrição do átomo. Há uma ausência de sentido, pela ausência de ligação do modelo à teoria. Os alunos aparentemente

respondem adequadamente porque são conduzidos para tais respostas pelas perguntas fechadas e dirigidas. A discrepância teórica do modelo é ultrapassada pelo posicionamento dogmático e categórico encerrado na expressão da professora:

> *P- Ou porque puseram um protão ou lhe tiraram um electrão. Mas nós podemos mexer nos protões?*
> *A- Não.*
> *P- Nunca! Então o que é que aconteceu, obrigatoriamente?*
> *A- Tirámos um electrão.*
> *P- Então como é que nós conseguimos obter um ião positivo?*
> *A- Tiramos os electrões.*
> *P- Tiramos os electrões. Joana?... Tá percebido?*
> *A- Tá.*
> *P- E como é que nós conseguimos obter um ião negativo? Diz lá, João!*
> *A- Cedemos-lhe electrões.*
> *P- Cedemos-lhe os electrões, óptimo!*

Recorda-se que na aula anterior se "verificou" que a substância permanganato de potássio era constituída por iões e avança-se para o treino da escrita de fórmulas químicas de substâncias iónicas. O treino processa-se na mesma metodologia. É como se se tratasse de uma forma inicial, como se os alunos não tivessem abordado o assunto anteriormente, e não na forma de questão para os alunos resolverem. A professora conduz algoritmicamente. Os alunos não percebem, uma vez que a questão da escrita das fórmulas das substâncias iónicas só é tratada aquando da resolução de exercícios. Já numa aula anterior se tinha tratado o significado quantitativo das fórmulas químicas (proporção de combinação dos átomos dos diferentes elementos e significado dos coeficientes). Como não há referência teórica ao modelo atómico os alunos avançam propostas que não fundamentam. A professora não apela a um saber estruturado numa base teórica mas sim a saberes de índole marcadamente instrumental. O que passa através do ensino é uma imagem de ciência, definitiva, estática e essencialmente descritiva, de cariz realista ingénuo e sem apelo a um suporte teórico em que o papel do

sujeito é preponderante. Os alunos dão "palpites", a professora não lhes exige uma explicação para as ideias que avançam.

Uma imagem de aprendizagem não significativa, que tem como principal finalidade a progressão académica dos alunos, que parece ser uma obrigação e não um envolvimento significativo, surge em excertos como o seguinte:

> *P- (16:55) Posso apagar isto?*
>
> *A- Pode.*
>
> *P- Então vamos a outra? Que remédio, não é? Que remédio!*
>
> *A- (...)*
>
> *P- Pois não, que chatice. Ora bem, então agora vocês... é verdade, querem escrever as normas que se usam na escrita das fórmulas químicas?... Primeiro apresenta-se o ião positivo... Então vamos lá escrever.*
>
> *(A professora começa a ditar, fazendo-o de uma forma pausada e movimentando-se pela sala).*
>
> *P- Na escrita de fórmulas químicas... ãh?*
>
> *A- (...)*
>
> *P- Tá bem, tá bem. Na escrita de fórmulas químicas...*
>
> *A- O quê, stôra?*
>
> *P- Na escrita de fórmulas químicas de compostos iónicos, primeiro aparece o ião positivo (18:00) e depois o negativo. No nome do composto iónico diz-se primeiro o nome do ião negativo e depois o do positivo... Então agora vamos lá ver se vocês me conseguem determinar a fórmula química deste composto iónico (a professora escreve o nome no quadro). Sulfato de alumínio. Primeira coisa que vocês devem fazer, ir ver quais são os iões sulfato e os iões alumínio, pôr logo primeiro o positivo que é para não se esquecerem. Certo? Primeira coisa: ião alumínio, qual é?*

A ideia de algoritmização do saber científico passa no episódio anterior e em outros seguintes, em que ocorre uma redução do conhecimento químico ao aspecto matemático (evidenciado igualmente nos descritivos de 20:00 a 26:00). Inclui-se uma aparente falta de correcção da professora, apesar de em parte, atribuída ao discurso oral.

Haveria modelos didácticos moleculares que os alunos poderiam manusear para aumentar a compreensão do assunto.

Surge um episódio que podemos tomar como um indicador de exploração do erro na aula, pela professora, e que o excerto seguinte traduz:

> *P- O quatro tens que o lá pôr. O quatro pertence ao ião.*
> *A- (...)*
> *P- Não pode. Não pode.*
> *A- Oh stôra, mas...*
> *P- Agora chega-te para trás. (a professora puxa o aluno para o lado). Todos concordam com aquilo que ele lá tem? (riso geral) Vocês estão-se a rir? (...) (riso geral) (...) Vamos analisar aquilo que aqui está. Só o ião (a professora escreve SO_4^{2-} no quadro). Este ião é constituído pelo quê? Que é isto? (a professora aponta para o quadro) (24:00)*

Tal situação (anterior) pode ser evidenciadora de aceitação das dúvidas dos alunos, num ambiente não austero. Contudo, mais à frente, na sequência da aula tal forma de tratamento do erro desaparece para dar lugar a uma posição mais dogmática de o ultrapassar. À dúvida do aluno, a professora, depois, responde sem remeter para a teoria interpretativa e acaba por dar "um truque muito fácil":

> *P- Quando há mais que um ião (...) Ora muito bem, então vamos lá. Querem saber um truque muito fácil (...) só que eu depois quero assim...*
> *(a professora aponta para o quadro). Só vos ensino o truque para depois tirarem a prova dos nove, para verem se está certo ou não a molécula que vocês constituíram. Eu neste caso tenho Al^{3+} e SO_4^{2-}, não é? tenho dois números aqui que se podem permutar e permutam-se (a professora explica e escreve no quadro). Este número é o que vai aqui para baixo, e este que vai aqui para baixo.*
> *A- Ah!*
> *P- $Al_2(SO_4)_3$.*
> *A- Eh!*
> *P- Isto quando têm cargas diferentes. Quando têm cargas iguais anulam-se, fica como está.*

No final da aula de novo uma situação de erro que desta vez se corrige imediatamente, sem questionar:

A- Oh stôra! (A professora verifica o que aluna escreve no quadro).

P- Todos concordam?

A- Não. É Fe_2O_3.

P- Tu tinhas lá assim, no caderno?

A- Não, é ao contrário.

P- Ah! É que eu vi bem no caderno e agora estava aqui a ver mal.

A- Uh! Uh!

(A professora emenda o exercício).

P- O que é que fez? Como não são iguais, cruzam. Então quantos iões nós precisamos dèste (a professora aponta para Fe^{3+})?

A- Dois.

P- Do ião ferro?

A- Dois.

P- E quantos precisamos deste? (a professora aponta para O^{2-})

A- Três.

Uma vez que os exemplos são todos propostos na mesma base, os alunos já respondem de forma algoritmizada. Perdeu-se o sentido conceptual da situação e dado o envolvente instrumental criado e conduzido pela própria professora, é ela que o consente ou incentiva. Os alunos não percebem e a algoritmização é demasiado vazia de significado físico para que não ponham algumas das questões que surgem na aula:

A- (28:00) Oh stôra, se fosse Al^{3+} e $SO_4{}^{3-}$ (...)

P- Não. Ficava $AlSO_4$ porque se anulam. Quando se anulam, óptimo! Anulam-se, anulam-se... fica o mesmo número de iões que lá estava.

Há alguma falta de consistência e de significado traduzido na questão do aluno; a professora corrige na base da algoritmização, com um exemplo despido de significado químico. Considera que os alunos "perceberam", pela execução de um exercício na

forma de produto, sendo tal a imagem de ciência e de aprendizagem da ciência que passa.

A aula termina após a proposta de mais exercícios para treinar em casa.

96/05/21

Esta aula constitui um episódio único em que sobressai o treino de escrita de fórmulas de compostos iónicos a partir de uma ficha de exercícios. É uma imagem de ciência e de aprendizagem que é apontada nesta análise, que tem vindo a surgir com frequência nas aulas.

O assunto já tinha sido tratado como pouco mais que um treino, e estamos em presença de outra aula completa de reforço desse treino. Mesmo assim (ou por causa disso), os alunos não aparentam compreender. Passa uma imagem de preocupação da professora com a aprendizagem dos alunos, embora na perspectiva de aprendizagem como de memorização algorítmica que aflora com frequência em várias situações. A professora repete a "fórmula para acertar" estabelecendo intencionalmente a comparação com a matemática e conduzindo à maior perda de significado químico dos símbolos e fórmulas:

> *P- Quem é que pôs S_2? (alguns alunos põem o dedo no ar) Ai que eu (...). O que é que eu disse quando o número vinha à frente?*
>
> *A- A (...)*
>
> *P- Que implicava uma ligação entre os dois. Quando era atrás, tal como na matemática (a professora levanta-se e dirige-se ao quadro) por exemplo se eu ponho 2x (a professora escreve no quadro) o que é que isto quer dizer? Que é duas vezes o x. Não era? Posso pôr 2y, posso pôr... etc. A mesma coisa acontece aqui. 2S quer dizer que é duas vezes isto! (a professora traça um esquema no quadro).Tenho um átomo de enxofre aqui, outro átomo de enxofre ali... Está percebido? Então o que é que aconteceu aí oh ...?*
>
> *A- (...) Stôra.*
>
> *P- Então é 2S ou S_2?*
>
> *A- 2S.*
>
> *P- Todos perceberam e todos concordam?*
>
> *A- Sim.*

P- Então agora vamos lá continuar.

A revisão que é feita destina-se à ficha de avaliação e a preocupação da professora é notória, passando a sua imagem sobre a aprendizagem, em expressões, como por exemplo, "*a pouco e pouco vão-se sabendo*"; e em situações em que a professora esclarece "o formato" da ficha de avaliação, como na sequência seguinte e noutras:

> *P- Agora reparem: eu para além de pedir o nome de uma substância posso também pedir os iões que a constituem. E é isso que nós vamos fazer agora, embora penso que não peça... (a professora observa o enunciado do exercício) por acaso pede... indica os iões. Então pronto, óptimo. Então nós vamos fazer logo de seguida a 12.1. e a 12.2. para cada substância, está bem? Dar o nome e fazer os iões, dar o nome... vá... oh Paulo! Não vais começar na brincadeira, pois não? Então vá lá. Na_2SO_4. Antes de lhe darem o nome... se tiverem dificuldade... até é mais fácil primeiro verem os iões que a constituem. Que iões é que constituem o Na_2?... (12:00) Escreve lá a fórmula.*

Ocorre um episódio que pode ser isolado do conjunto e que vem reforçar a ideia de ausência de significado atribuído às fórmulas químicas tratadas porque denota uma ausência de referência histórica num assunto que perpassa pelas evoluções e revoluções da Química, apesar de uma interessante resposta da professora relativamente à escrita das fórmulas moleculares.

> *P- Calma. (a professora dirige-se à turma) Isso repete-se 2 vezes. (A professora dirige-se ao aluno que está no quadro) Ao contrário? Esse conjunto dessa unidade estrutural repete-se 2 vezes. Então se se repete 2 vezes como é que vem a molécula? (o aluno coloca o 2 correctamente) Claro. Mas é do tamanho do H. (o aluno apaga e refaz o 2) Isso. Foi assim que vocês fizeram? (06:00)*
>
> *A- (...)*
>
> *P- Diz?*
>
> *A- Não se mete 20 pois não?*
>
> *A- 20?*
>
> *A- H.*
>
> *P- H_2O_2.*

A- Oh stôra, não podia ser por exemplo 2HH00?

P- Não! Para quê? Então agora imagina por exemplo a molécula de $C_6H_{12}O_6$, da glicose. CCCCHHHHHH que nunca mais ali acabava e não sei quantos 0. É ou não é? Tem que haver uma simbologia o mais fácil possível de representar uma molécula. Há moléculas, as chamadas macromoléculas, que são moléculas enormíssimas. Grande parte até existem no nosso organismo. Agora repara o que era estar a representar isso tudo de seguida. Nunca mais daqui saíamos. Eram preciso folhas e folhas. A molécula de DNA, por amor de Deus! Qual é... a ... Ah! Estou cheia de giz. Qual é a fórmula do ácido sulfúrico?

A marca principal desta aula é a repetição de exercícios do mesmo tipo e ainda a marcação de novo trabalho de casa como reforço. Ocorrem situações em que vários alunos se apresentam distraídos sem contudo ocorrerem perturbação da ordem e disciplina na sala de aula. A simpatia da professora e o bom humor são frequentes, numa postura pedagógica adequada.

96/05/22

Nesta aula inicia-se o estudo das reacções químicas. A professora começa por perguntar se "*sabem o que é uma reacção química?*". Poderia tratar-se de uma forma diagnóstica das ideias dos alunos acerca do assunto, mas damos conta de que utilizando o seu habitual método de questionamento vai avançando, na procura da "resposta certa" que auxilie na condução da aula e aproveitam-se as respostas que completam, de forma considerada correcta, a ideia da professora. Passam ao lado incorrecções dos alunos de que não se apercebe ou que ignora, aparentemente na procura da resposta considerada adequada! Por exemplo, o que um aluno refere: "*é uma reacção em que nós alteramos os elementos químicos e as substâncias*".

Daí se vai avançando, com a colaboração dos alunos, por algumas imprecisões que permanecem sem esclarecimento consistente, em que a própria professora, mesmo que eventualmente atraiçoada pela oralidade, colabora. A professora repete, alimentando a incorrecção, com confusão de termos. Estas incorrecções acarretam falta de rigor nas

sequências da aula e mais tarde os alunos nunca perceberão a exigência e necessidade de muito rigor na linguagem, imprescindível para a compreensão dos assuntos científicos:

> *P- Então vá lá. Repete lá, Sérgio. Repete lá, Sérgio, o que é que é uma reacção química.*
> *A- É uma reacção...*
> *P- É uma reacção.*
> *A- (...) em que nós alteramos os elementos químicos e as substâncias, isto é ...*
> *P- Vá então, diz lá. Isto é ...*
> *A- A... (...)*
> *P- Então tu dizes que numa reação química posso alterar...*
> *A- Os elementos químicos.*
> *P- Os elementos químicos.*
> *A- Não é os elementos químicos, stôra.*
> *P- Não é os elementos químicos?*
> *A- Também pode, também pode.*
> *P- (...) os elementos químicos que estão na tabela ou as características?*
> *A- (...)*
> *P- O que é que tu queres dizer? É os elementos químicos ou as características?*
> *A- As características dos elementos.*
> *P- Ah! Então quer dizer que eu digo que numa reacção química há alteração dos elementos, das substâncias (02:00) e modificam-se as características dessas substâncias. Então e se for uma reacção física, não? Uma transformação física, não (...)*
> *A- Pode alterar (...), mas pode não alterar as características.*
> *P- Então quer dizer, numa reacção física, numa transformação física, não há alteração das propriedades das substâncias e numa química há.*
> *A- Sim.*

É o próprio conceito de reacção química, que passa de forma incorrecta para os alunos. Começa pela ideia da alteração dos elementos químicos, que depois parecem confundir-se com substâncias, para a alteração das "características" dos elementos e para a versão de "alteração das propriedades das substâncias" nas transformações químicas e que não ocorreriam nas transformações físicas, o que é um conceito incorrecto.

A professora remata a situação deixando uma aparente definição, mas simultaneamente confusão resultante do diálogo sobre o estudo das reacções químicas, e passa para a realização das experiências que preparara.

A partir da situação introdutória de diálogo, inicia-se um episódio de ensino (decomposição da água) que podemos classificar de enquadramento fortemente empirista em que é sobrevalorizada a observação e a realização experimental, a descrição visual do que se passa na experiência, o incentivo à observação pela observação, ocasional e não preparada. Onde está a teoria, as ideias e as previsões? A professora faz algumas perguntas mas integradas no seu método de questionamento, uma vez que não é explorada a base sobre a qual assentaria a possibilidade de os alunos preverem, por exemplo, o que é que se estaria a formar a partir da água e a ocupar os tubos de ensaio. As perguntas, contudo, parecem de resposta evidente sempre com o suporte da observação, que é muito valorizada e incentivada (um dos indicadores para tal inferência é o próprio uso do verbo "ver"). Na mesma linha empirista a professora parece sentir-se culpabilizada por não dar oportunidade a que todos os alunos realizem a experiência, numa valorização do processo. Atente-se no seguinte episódio:

> *P- Pronto. Então vamos agora aqui a esta situação. (a professora desloca-se até à secretária onde se encontra uma montagem para a realização de uma actividade experimental) Vocês estão aqui a ver que eu pus aqui... já trazia isto, água, 2 tubos de ensaio que estão aqui em cima dumas continhas metálicas que depois vocês já cá podem vir ver, calma, depois já vêm ver todos.*
>
> *A- (...)*
>
> *P- À partida, posso dizer que ali está a acontecer uma reacção química. Não sei se está, nem se não. Vamos ver. Agora ao longo desta hora vamos ver o que é que ali acontece. Então venham cá ver o que é que aqui acontece. Isto, pronto, era preferível cada grupo fazer, mas como só havia este voltâmetro a funcionar decentemente (...) para toda a gente ver.*
>
> *A- Como é que isso se chama?*
>
> *P- Voltâmetro (...). (Todos os alunos, à excepção de dois, se levantam e deslocam-se até à secretária da professora para observar a montagem e o que está a acontecer).*

A- Eu já lá vou, stôra.

A- Eu também.

P- Então o que é que aí está a acontecer? Digam lá.

A- (...)

P- Eu liguei à corrente eléctrica, e o que está a acontecer? (Os alunos riem) O que é que vocês vêem nestes tubos? Vêem lá água, estão cheinhos de água. Mas o que é que está lá a acontecer? O que é que está a sair ali daquelas continhas metálicas? Bolinhas.

A- Ar.

P- Então está-se a formar o quê?

A- Ar...

P- Eu tenho água e o que é que se está a formar?

A- (...)

P- Calma, tudo tem água.

A- Vapor.

P- (04:01) Então, mas está-se a formar o quê? Tu dizes que é vapor o que se está a formar?

A- Um gás.

P- Um gás. Pronto, então está-se a formar um gás. Depois vemos que tipo de gás é que pode ser, quer aqui... Uma outra pergunta, onde é que se forma mais gás, é aqui ou é aqui? (a professora levanta-se e verifica que dois alunos se encontram ainda sentados nos seus lugares). Então vocês não querem vir ver? (os alunos levantam-se e juntam-se aos colegas) Onde é que se está a formar mais gás, é aqui ou é aqui?

A- É no (...)

P- Então aqui forma-se mais gás do que neste. É ou não é? Pronto. Então depois já vamos ver por quê. Para já sabemos que aqui temos água, logo vamos ver o que é que se está ali a formar. Então se se forma um gás não poderá ser uma substância diferente desta? Eu estou a aquecer isto, não estou?

A- (...)

P- Mas (...) substâncias diferentes daquela que eu aqui tenho? Se vocês repararem está-se a formar muito mais, a água aqui está a descer mais dos que aqui. Esta ainda está um bocado cheia e aqui já (...). É ou não é?

A- É.

P- Por que é que será que aqui se forma muito mais gás do que aqui?

A- (...)

P- (...) Então vejam lá bem o que está a formar mais gás, se é no pólo positivo ou no negativo.

A- No negativo.

Perpassa alguma falta de rigor a vários níveis, de processo e de conceitos. A própria realização, com pouco rigor, iniciada por um aluno e continuada por outro, (parecendo ter a intenção de dar ao maior número possível de alunos a oportunidade de participar no processo) sem compreenderem o que estão a fazer e para quê estão a fazer, faz perder a intenção inicial ligada ao estudo das reacções químicas.

> *P- No negativo está-se a formar muito mais gás do que no positivo. Não é? Então vão-se lá sentar que depois já (...). Agora esperamos que isto continue assim e depois já vamos ver o que é que se deu. Agora eu vou aqui... (os alunos voltam aos seus lugares e a professora dirige-se ao carrinho onde tem o material e os reagentes levando algum desse material e reagentes para cima da secretária) Mas eu não vou fazer. Quero que um aluno venha fazer.*
>
> *A- Fazer o quê?*
>
> *P- Aqui umas coisas.*
>
> *A- (...)*
>
> *P- (06:00) Quem é que quer (...) a solução? (vários alunos se oferecem) (...) (uma aluna dirige-se à secretária) Então vais fazer aqui solução de iodeto de potássio. Não precisamos de saber a concentração porque isto não é (...) muito certa. Chega-te para aqui. (a professora vai dando indicações à aluna enquanto esta prepara a solução)*
>
> *A- O que é que ela pôs stôra? O que ela pôs?*
>
> *P- Ela pôs... Joana, o que é que tu aí puseste?*
>
> *A- Iodeto de potássio.*
>
> *P- Iodeto de potássio. Sim.*
>
> *A- Mais?*
>
> *P- (A professora observa o tubo de ensaio) Já Chega. E agora o que é que tu fazes? Olha levanta lá o tubo. Já está todo dissolvido?*
>
> *A- Já.*
>
> *P- Então pronto. Agora quem é que vem fazer outra?*

A experiência parece ter um papel principalmente ilustrativo ou lúdico (ciência visual), uma vez que principalmente se destina a que os alunos "vejam" reacções químicas, sem discussão teórica envolvente. Parece ser a esse aspecto que eles se prendem:

P- Quem é que vem cá fazer agora? (uma aluna põe o dedo no ar) Lina! (a aluna levanta-se e dirige-se à secretária) Oh Lina, sabes o que é que vais fazer?

A- Não.

P- (...) Junta as duas. (Alguns alunos riem).

A- Como?

P- Esta deitas a esta.

A(do lugar)- Cuidado que vai explodir (...)

P- (...) vai para o chão.

A- (...)

P- Devagarinho... que é para não ir para o chão. (Enquanto a aluna junta as duas soluções, um aluno faz sons que pretendem imitar o som da explosão)

A- Deita mais (...)

A- Tão giro!

A- Está espectáculo, stôra!

A- Muito lindo.

A- Ih! (...)

P- Então vai mostrar aos teus colegas se isso é sólido ou é líquido. Vai lá mostrar para ver se é sólido ou líquido. (A aluna circula com o tubo de ensaio, onde ocorreu a reacção de precipitação, para os colegas observarem convenientemente o resultado da reacção). (10:00)

(.../...)

A- Oh stôra, o amarelo está tão giro.

P- O quê?

A- O amarelo está giro. (~14:00)

A professora pergunta *"Porque é que vocês dizem que se processou uma reacção química?"* o que é uma questão importante e necessária que conduziria aos indicadores de ocorrência de reacção química e à melhor compreensão das reacções químicas como processos dinâmicos de transformação de substâncias envolvendo reorganização a nível das unidades estruturais. A ausência de preparação epistemológica que conduziria a uma necessidade de clarificar os conceitos envolvidos faz com que questões didacticamente interessantes se esvaiam, e sem que a própria professora se aperceba já avançaram sem que os conceitos tenham ganho consistência adequada e rigor desejável (por exemplo quando diz que é uma reacção química "porque de dois líquidos se obtém um sólido";

porque se obtém um sólido não é necessariamente uma nova substância! Há um défice de discussão necessária).

Igualmente falta uma sistematização, organização de critérios sobre as reacções químicas. Critérios cinéticos ou critérios termodinâmicos (necessidade de o voltâmetro ter uma fonte de alimentação energética, por exemplo), que não sendo discutidos com os alunos, nesse nível, possuem contudo uma ordem/coerência intrínseca (*"obter uma reacção química por junção de substâncias" (12:00)).*

Há uma terceira actividade experimental (decomposição térmica do carbonato de cálcio), igualmente envolvida por uma insipiente exploração que não parte de considerações teóricas e a que não é dada uma orientação para a observação. A professora prepara a situação experimental deixando pouco para o aluno que, no seu papel de executante, vai recebendo orientações fechadas. Das situações experimentais que se destinavam ao estudo das reacções químicas ficam imprecisões que limitarão eventualmente a compreensão do processo dinâmico em que claramente se identificariam reagentes e produtos da reacção. Dada a falta de clareza das instruções da professora, dada a ausência de clarificação da situação, parece ficar pouco distinta a situação, a identificação da reacção química (carbonato de cálcio originando por aquecimento óxido de cálcio e dióxido de carbono) e a identificação dos produtos obtidos, ou seja, a reacção do hidróxido de cálcio com o dióxido de carbono/turvação da água de cal, pela nova formação do carbonato de cálcio). É o início do estudo das reacções químicas e um rigor de linguagem, para o rigor dos conceitos, é imprescindível. Os alunos não parecem ligar-se aos aspectos principais mas permanecem ligados a aspectos visuais relacionados com experiências anteriores.

A própria professora alimenta as ideias dos alunos acerca das reacções químicas, de que sempre "se vê" (por observação directa) e contribui para acentuar a ideia de que são explosivas:

> *P- (...) vamos pôr mais para cá que é para (...) (a professora vai buscar os fósforos e dá ao aluno) Agora "boom"! (enquanto o aluno risca um fósforo, os alunos sentados*

mais à frente afastam-se) Não acontece nada! Então vocês acham que eu ia pôr aqui alguma coisa que pudesse (...).

A- (...)

P- (18:00) Agora pões isto a aquecer.

A- (...)

P- Agora tens é que segurar isso. Segura! Pronto (...) (a professora explica ao aluno como deve proceder) Olhem, está aqui a sair um gás, já viram (...)? Segura aqui em cima que é para se ver. Isso. Provavelmente ainda não será o dióxido de carbono, porquê? O que está a sair é o gás cá dentro. Porque é que ele está a sair, o ar que está cá dentro?

O interesse e expectativa dos alunos vai para o acontecimento lúdico na esperança de que possa ocorrer algo de insólito. Falam principalmente de aspectos sensoriais a que permanecem ligados:

A- Está a cheirar a queimado.

P- Está? (a professora observa a montagem)

A- Está a cheirar a queimado, stôra.

P- E tu estás preocupado? (os alunos riem)

A- Não, stôra.

A- (...)

P- Não. (a professora olha o relógio; continuam os comentários dos alunos relativamente à actividade experimental) Cheira a álcool. (20:00)

A- Cheira bem!

P- Cheira bem?

A- Pois cheira.

P- Cheira a álcool, digo.

A- Eu gosto do cheiro do álcool, mas não gosto (...)

A- (...)

P- O cheiro do álcool.

A- O álcool (...)

A- Oh stôra, depois a água de cal fica bebida alcoólica?

P- Olha lá. Diz-lhes lá a eles de que cor é que isto está a ficar.

A- Preto.

A- Cor de burro quando foge.

P- Mais escuro. Então se é mais escuro este aqui é o quê? (a professora vai buscar o reagente e mostra aos alunos) Branquinho. Então está a dar-se a alteração da cor ou não?

A- Sim.

P- Então aqui está a haver uma reacção química?

A- Sim.

P- E o que é que agora tivemos que fazer para se dar a reacção química? Juntamos substâncias?

A- Não.

P- Então?

A- Aquecemos.

P- Aquecemos. Então qual é a outra maneira de nós obtermos uma reacção química? Por aquecimento (a professora apaga o quadro)

(.../...)

P- O óxido de cálcio é o que está a ficar ali é o que serve para depois fazer-mos a cal.

A- (...)

P- É o que serve para fazer a cal para caiar as paredes. É exactamente assim que se obtém isso. Vai-lhe libertando todo o dióxido de carbono (24:00) e fica lá só aquilo a que nós chamamos cal viva e depois mistura-se água e vai originar a cal que se chama cal apagada que é o que serve para caiar as paredes... Só que esta água de cal já deu o que tinha a dar.

A- Nunca mais dá!

P- Pois não.

A- Vamos fazer mais coisas, stôra?

A- Oh stôra, diga-me uma coisa (...) aquilo ainda continua a libertar (...)

P- Sim, sim. Depois já lá vão ver todos outra vez.

Ao longo da aula, com a proposta da professora, a valorização da observação está sempre presente. Apesar da referência passageira à utilidade da "cal de pintar paredes", sobrepõe-se a perspectiva principalmente lúdica da ciência.

Um episódio que lemos como revelador de falta de preparação didáctica da professora é aquele em que a própria abordagem se faz na perspectiva do reforço da habitual CA dos alunos em que os produtos da reacção já se encontram, como substâncias que são, "dentro" dos reagentes. Tal é motivado, em parte, pelo método de

questionamento que a professora utiliza e em parte pela aparente lógica associacionista igualmente utilizada:

P- Agora reparem. O que é que eu aqui escrevi? Já à bocadinho escrevi assim: meti as substâncias que eu juntei, pus uma setinha e pus depois as substâncias que foram originadas. O que é que está a acontecer aqui? (a professora dirige-se à secretária) Vamos lá voltar. Mas faz favor não se (...) que isto está (...). (os alunos levantaram-se e vão observar o que aconteceu entretanto na primeira actividade experimental) (...) e muito mais do que aqui. O que é que nós à bocado vimos que se ia aqui obter? Primeiro poderia ser vapor de água, foi o que vocês disseram. Mas então pensem. Se fosse vapor de água obtinha tanto de vapor de água aqui como ia obter aqui. Não era?

A- (...)

P- Ia obter tanto dum lado como do outro. É ou não é?

A- Então os gases são diferentes.

P- Então os gases são diferentes. E um é o dobro do outro. Então se os gases são diferentes eu posso lá obter o quê? Primeiro, o dióxido de carbono, eu posso lá obter?

A- Não.

P- Não. Não é um composto que forma a água. Não é uma substância que forma a água. O que é que forma a água?

A- Oxigénio e hidrogénio.

P- Oxigénio e hidrogénio. Então que gases é que se poderão estar aqui a obter?

A- Oh stôra, oxigénio e hidrogénio.

P- Oxigénio e hidrogénio. Então onde é que poderá ser o hidrogénio e onde é que poderá ser o oxigénio?

A- O oxigénio...

P- Porque é que vocês dizem que aqui é hidrogénio?

A- Porque é H2 stôra.

P- E o que é que isso tem a ver?

A- (...)

P- Sim senhora. Hidrogénio. Não é H_2O a molécula de água? Então temos o dobro de átomos de hidrogénio que temos de oxigénio. Então se temos o dobro de átomos de hidrogénio, não vamos obter o dobro de volume (30:00) de hidogénio que de oxigénio?

A- Sim.

P- Então aqui será o quê?

A- Hidrogénio.

P- E aqui oxigénio.

Na sequência do episódio analisado sobressaem outros aspectos que já referimos em ocasião anterior e que acompanham a aula, como seja a valorização da observação, as ideias sobre reacção química, a perspectiva principalmente lúdica da experiência, imprecisões de linguagem, etc. (descritivos de 30:00 a 32:00).

Uma CA habitual é a de irreversibilidade das reacções químicas e reversibilidade das transformações físicas. Tal ideia passa muito explicitamente nesta aula, evidenciada e reforçada pela professora. Mesmo que os exemplos, nas situações apresentadas, (a combustão do fósforo ou a descoloração dos tecidos) fossem de irreversibilidade, a forma como é tratada a questão, na perspectiva da generalização do critério para as reacções químicas, é que se mostra científica e epistemologicamente impreciso:

Olhem, à bocadinho (a professora vai buscar a caixa de fósforos) o Bruno acendeu um fósforo. Quando acendeu o fósforo o que é que aconteceu ao fósforo?

A- Incenciou-se

P- Incendiou-se. Deu-se uma reacção química?

A- Sim.

P- Por que é que vocês dizem que se deu uma reacção química?

A- (...)

P- Não se consegue voltar a obter novamente o fósforo. E o que é que aconteceu para se dar essa reacção química?

A- (...)

P- Óptimo! (...). Mas o que é que teve de acontecer para o fósforo se incendiar?

A- (...)

P- Deu-se uma combustão. Mas o que é que aconteceu, de facto, para que se desse essa combustão? (...) mas normalmente eu tenho aqui um fósforo (...) como este e ele acende-se.

A- Não.

P- Também era melhor. (...)

A- (...)

P- Raspar! Quem é que tem que tem que raspar?

A- Nós.

P- Nós. Raspar com o fósforo na lixa. (os alunos riem) é ou não é? Nesta lixa aqui. Certo? Então o que é que aconteceu para se dar a reacção química? Nós, pessoas (a professora faz o gesto de quem acende um fósforo), pessoas (34:00) (os alunos riem) não é a electricidade nem nada, tivemos que bater com uma substância na outra. Não bastou juntar, pois não? Se eu juntar aqui o fósforo à lixa, acende? (duas alunas começaram na brincadeira) Vá lá! Se eu juntar aqui o fósforo à lixa, acende?

A- Não.

P- Não. Tenho que bater com força e depois (...). Certo? A este tipo de reacção química diz-se que é por acção mecânica. É outro tipo de reacções químicas (a professora apaga e escreve no quadro). Não vamos falar do fósforo, depois amanhã vamos para a outra. E ainda há mais. Ah! E o que é que aconteceu ao fósforo para nós dizermos que aconteceu uma reacção química? Houve uma chama.

A- Sim.

P- Então nós podemos dizer que sempre que há uma chama há uma reacção química?

A- Não.

P- Não?

A- Sim.

P- Sim. Quanto mais não seja temos lá o oxigénio a transformar-se noutra coisa. É ou não é? Sempre que há uma chama há também uma reacção química. Agora, reparem todas as coisas que nós vamos seleccionando para dizermos que pode haver uma reacção química. É isso que nos prova que há ou não reacções químicas. Queria ainda falar-vos duma que é por exemplo, e se calhar vocês... acontece na vossa casa e já viram. Por exemplo, os cortinados nas janelas ao final de não sei quantos anos, se forem de cor o que é que lhes acontece?

A- Desbotam.

P- Desbotam. Porquê?

A- Por causa do sol.

P- Por causa do sol. E então nós conseguimos que eles voltem à cor inicial?

A- Não.

P- Não? (36:00) Então temos também aí uma reacção química?

A- Sim.

A parte final da aula constitui um episódio que tem a virtude de constituir uma sistematização de critérios de ocorrência de reacções químicas, embora sendo a professora a ditar a definição de reacção química e os indicadores de ocorrência de reacção química. Tal ajuda a dar mais sentido à aula, como síntese, embora se possa

fazer uma leitura epistemológica de imagem de ciência de produtos em que os processos e as metodologias científicas nunca são reflectidos e são abandonados uma vez alcançados os produtos (imagem empirista/indutivista).

4.5.2. Perfil Epistemológico

I - Metodologia Científica

A - Pluralismo Metodológico

As actividades são pouco diversificadas e o método de ensino toma geralmente a forma de "aparente diálogo", dirigindo-se directamente para a conclusão pretendida e constituído principalmente por sequências de perguntas de completamento ou de resposta breve. O diálogo é muito coloquial, faltando, por vezes, exigência na organização de ideias e de palavras que a necessidade de rigor impõe. Na actividade experimental que ocorre na sala de aula há uma valorização do produto final e desvalorização dos processos envolvidos para chegar até aí. Há referência à ideia de "regra geral", na forma de conclusões indutivamente tiradas das situações propostas pela professora e conducentes para a teoria, numa perspectiva empirista da construção do conhecimento.

Independentemente do assunto tratado, há uma metodologia de fundo que é seguida na aula. Ocorrem algumas situações com realização de experiências, em que alguns alunos colaboram executando e os restantes assistem. Incluindo os directamente envolvidos todos parecem pouco esclarecidos sobre o que vão tratar, para quê e porquê. Falta problematização. Não há discussão nem clarificação dos procedimentos, sua adequação e limitações.

A monotonia de método de ensino contrasta com o pluralismo metodológico da actividade científica de produção de conhecimento. A imagem de ciência que se valoriza é de um corpo de conhecimentos, retórica de conclusões, na forma de produto

algoritmizado e aproblemático, sem processo de construção, numa perspectiva limitada e estática do saber científico.

A importância atribuída à regra encerra um posicionamento indutivista, num percurso que vai do particular para a generalização, presumivelmente entendido como facilitador da aprendizagem.

B - Relação Teoria/Observação/Experimentação

As observações e a realização de experiências não são precedidas de considerações teóricas e de problematização; os alunos não têm oportunidade de explicitar as suas ideias e não fazem previsões; as observações não são orientadas por critérios com base em modelos e teorias, de acordo com quadros racionalistas.

O "desenrolar" do assunto, na metodologia linear de questões sequenciais, faz-se principalmente numa imagem de estabelecimento ou de confirmação da teoria pela experiência.

Ocorrem situações experimentais, aparentemente com um papel ilustrativo, com valorização excessiva e exclusiva da observação. Encontram-se fortes sinais de empirismo.

Ressalta a exigência da generalização, marca de indutivismo. Parece sustentar a ideia de que da observação atenta podem nascer critérios teóricos. Os princípios são tomados como "conclusões" numa nomenclatura empirista/indutivista. É notória a ausência de referências à teoria e o estatuto de teoria dominante valoriza o realismo ingénuo.

Há uma aparência de descoberta pelos alunos, na imagem de que eles teriam concluído a partir da experiência e obtido o saber no sentido que vai da observação para a teoria.

Não há situações experimentais como tomadas de decisão envolvendo contribuição dos próprios alunos no planeamento e desenvolvimento de protocolos

experimentais. Não são pedidos relatórios ou feitos registos organizados do trabalho experimental e não ocorre avaliação crítica de resultados.

Perde-se igualmente a referência à teoria na resolução de exercícios, passando uma imagem de transposição de uma leitura do livro da natureza para edificar o corpo da ciência. Rapidamente se afasta da teoria cujos princípios tinham sido enunciados, para entrar numa algoritmização. Os assuntos passam a ser tratados na ausência do suporte teórico, num posicionamento de senso comum, despido de invólucro científico.

A professora recorre com frequência a analogias que, intencionalmente planificadas, poderiam considerar-se auxiliares preciosos; como são ocasionais, como exemplos de recorrência, perdem bastante do seu potencial valor didáctico e epistemológico, degenerando algumas vezes em reforços das ideias alternativas dos alunos e aumentando confusões entre os níveis e entidades a que respeitam. Não é explicada a utilidade de tais analogias, muito menos o seu estatuto instrumental, no âmbito da teoria que as suporta.

Não é clara a distinção entre teoria e modelo. Há situações em que o uso de modelos poderia ser benéfico. Mas habitualmente são tomados como se de uma réplica da realidade se tratasse, num realismo ingénuo avultado, tornando-se uma representação isomórfica da própria realidade e não ideal e interpretativa, em coerência com o corpo teórico construído pelos cientistas.

II - Dinâmica da Construção do Conhecimento

C - Contexto e Estrutura da Descoberta

Trata-se do início do estudo de um assunto em que a passagem de imagens consistentes sobre a ciência e a sua construção teriam oportunidade de estar presentes.

O assunto abria oportunidades de questionar o que é uma teoria, como cresce e se estabelece uma teoria, que problemas e controvérsias suscitou e tem suscitado, que teorias ou hipóteses foram abandonadas a favor da teoria em causa, que modelos se

imaginaram suportados por tal teoria, quais os princípios em que assenta, que aspectos permite prever e interpretar.

Tais assuntos, a teoria cinético-corpuscular, a nomenclatura da Química ou as reacções químicas, recheadas de polémica e controvérsia que acompanharam as alterações e revoluções principais da Química, têm uma importância histórica e cultural significativa e encontram-se bem documentados. Contudo não são reflectidas a origem e mudanças sofridas pela ciência identificando os múltiplos contributos para o estabelecimento da ampla teoria cinético-corpuscular que passou a ser a base interpretativa de todo o edifício da Química.

A ausência de referência histórica faz sobressair uma perspectiva e imagem redutora da ciência que a limita à forma e conteúdo da actualidade e em definitivo; não uma imagem dinâmica da construção do conhecimento. Não há estratégias delineadas para explorar a construção de novo conhecimento científico. O Programa é circunscrito à visão apertada de uma ciência ingénua despida de percursos conturbados.

Está implícita uma perspectiva limitativa e estática do saber científico. A lógica da linearidade e facilidade conduz a limitados produtos finais a memorizar, e afasta e ignora o percurso de construção de conhecimento que a História da Química tem revelado como arduamente construídos.

D - Dinâmica Erro/Verdade

Ocorrem várias formas de tratamento do erro traduzindo algumas diferentes atitudes mas praticamente sempre convergentes para um entendimento dogmático do conhecimento científico como verdade definitiva de acordo com uma visão de realismo ingénuo. Não há propriamente valorização e exploração dos erros dos alunos com identificação e aceitação de CA, nem oportunidades para a discussão de resultados discrepantes ou anómalos da experiência.

Surgem com frequência CA que são despoletadas ou reforçadas pela professora e não o diagnóstico e a sua consideração intencionais. São frequentes os erros científicos.

Algumas respostas "incorrectas" são ignoradas. Ocorrem algumas manifestações de estranheza manifestada quando os alunos não sabem responder de imediato às perguntas.

Não sistematiza nem atende a incorrecções resultantes de respostas soltas dos alunos que facilmente degeneram em concepções erróneas. A própria professora contribui com muitas CA que introduz ou reforça.

Apesar do aparente diálogo conduz os alunos de forma algorítmica acabando por ser algumas vezes contornadas as situações de erros. O discurso é a maior parte das vezes afirmativo ou interrogativo, categórico.

Permitem-se imprecisões de linguagem e falta de rigor na execução das tarefas, mas não se faz exploração delas de modo intencional como etapas transitórias no quadro de uma metodologia construtivista. Pelo contrário, a própria professora alimenta incorrecções, com confusão de termos, falta de rigor e erros científicos.

Assim as respostas discrepantes dos alunos, mesmo quando toleradas, não são tidas em conta para discussão; acaba sempre por ser a professora a concluir, na forma que dá sequência ao seu discurso previsto. Não há discussão das ideias dos alunos e confrontos com eventuais situações experimentais.

Com a repetição de exercícios cria situações em que se evitam erros. Não há, propriamente, oportunidades para que os alunos se apercebam das dificuldades.

III - Face Humana e Social da Ciência

E - Imagem dos Cientistas e Papel da Comunidade Científica

Não ocorre nenhuma situação de referência a cientistas e ao seu trabalho e vivências no seio da comunidade científica. A imagem de ciência que passa é ahistórica.

Nos assuntos tratados, até pela abundância de documentação existente e de fácil acesso, impunha-se o recurso à História da Química uma vez que o papel da comunidade científica foi preponderante nas aceitações e discussões referentes à alteração da nomenclatura, às questões referentes à interpretação das reacções químicas e à

constituição e organização da matéria. Passa, antes, uma imagem de saber feito, aproblemático, definitivo, sem rostos.

É significativa a inexistência de possibilidades de confronto de ideias com as dos colegas e de oportunidades de comunicar e ouvir comunicar resultados de trabalhos realizados ou de projectos.

Sobressai, igualmente, uma forma redutora da ciência que a limita à forma e conteúdo da actualidade e em definitivo, não uma imagem dinâmica da construção do conhecimento, por pessoas em interacção. O assunto é despido de qualquer conteúdo ideológico e subjectivo, reduzido e circunscrito a uma visão apertada de ciência aparentemente ingénua.

Não passa uma imagem de ciência como construção humana, em que o papel da criatividade é essencial para o estabelecimento de teorias que preterem outras e que para tal necessitam da aceitação/certificação pela comunidade científica. A situação que se gera acerca da "confiança no colega que executa as experiências" é afastada das discussões de validade de resultados que se passam nas comunidades científicas, na apresentação pública de resultados.

A ciência é tratada como se de uma réplica da realidade se tratasse (realismo ingénuo), tornando-se uma representação isomórfica da própria realidade e não ideal e interpretativa (tentativamente verdadeira), em coerência com o corpo de princípios teóricos construídos pelos cientistas.

F - Relação/Interdependência Ciência, Sociedade e Tecnologia

Não ocorre exploração dos temas em contexto de influências e interrelações entre a ciência, tecnologia e sociedade, problemas tecnológicos ou sociais como ponto de partida para o ensino de teorias apesar de as questões de nomenclatura e do início do estudo das reacções químicas poderem ser propícios a uma tal perspectiva de abordagem.

Não há actividades planeadas com a função de mostrar implicações da ciência e tecnologia nas questões éticas, ambientais, patrimoniais e outras, dando aos alunos oportunidade de expressarem as suas opiniões fundamentadas e de criarem hábitos de participação crítica e documentada em questões de natureza ética, ambiental, patrimonial, etc., que os pode vir a tornar membros críticos e participativos da comunidade social em que se inserem.

A imagem de ciência é de saberes académicos ausente de implicações.

4.6. Síntese

I - METODOLOGIA CIENTÍFICA			
A - Pluralismo Metodológico			
Professora A	Professora B	Professora C	Professora D
- Perspectiva linear da transmissão do saber, isomórfica de uma metodologia científica. - Linearidade dos percursos propostos - Orientação do trabalho prático pelo Manual. - Indicados os passos de forma sequencial e definida. - Não clarificadas as razões da escolha de procedimentos metodológicos.	- Não há abordagem intencional à questão metodologia científica ou às formas de trabalho dos cientistas, nem em termos actuais nem de referência histórica. - Infere-se uma metodologia linear que pode deixar a ideia de se seguir um método sequencial num percurso rígido. - Não clarificação de razões de escolha dos procedimentos e sua adequação e limitações.	- Não é feita qualquer referência a questões de metodologia científica. - Isomorfismo entre a perspectiva metodológica da ciência e uma perspectiva tradicional de aprendizagem. - Não existem referências explícitas ou implícitas a episódios da História da Ciência e/ou aspectos actuais de investigação. - Não diversificação de propostas de trabalho que pudessem ocasionar clarificação de razões da escolha dos procedimentos e sua adequação e limitações. - Importância atribuída à regra num posicionamento indutivista.	- Não se encontram referências explícitas a aspectos de metodologia científica. - Na actividade experimental há uma valorização do produto final. - Independentemente do assunto, há uma metodologia de fundo que é seguida na aula num isomorfismo entre a perspectiva de encarar os aspectos metodológicos da ciência e uma perspectiva tradicional de aprendizagem. - Não há discussão nem clarificação dos procedimentos, sua adequação e limitações. - Importância atribuída à regra, posicionamento indutivista.

I - METODOLOGIA CIENTÍFICA			
B - Relação Teoria/Observação /Experimentação			
Professora A	Professora B	Professora C	Professora D
- Experiência encarada de forma central e ilustrativa. - Trabalho Experimental como observação de dados passivos, que permite constatar factos sem articulação com o aspecto teórico. - Ausência de previsões e de hipótese. - Perspectiva operativa reducionista. - Não consciência da existência de CA no pensamento dos alunos. - Relatório exigido, traduzindo Trabalho Experimental como sequência ordenada de passos - Algumas regras de segurança explicitadas.	- É qualitativa e quantitativamente valorizada a observação sobre a problematização e considerações teóricas. - A experiência surge como passo principal, realizada para recolher dados observáveis e passivos que não são antecedidos por questões-problema, nem previsões ou planeamento. - A experiência tem papel e função confirmatória e ilustrativa. - Interesse pelo Relatório contendo parâmetros definidos a serem preenchidos de forma sequencial independentemente da natureza da tarefa	- Considerações teóricas intencionais estão ausentes. As ideias dos alunos não são intencionalmente explicitadas. - O "desenrolar" do assunto faz-se numa imagem de confirmação da teoria pela experiência (esta descrita oralmente). - Uso insistente do verbo "ver": Grande valor à observação em si, ausente de considerações teóricas. - Utilizados com frequência os termos "modelo" e "representação" sem ligação teoria/ modelo/ representação. - Interpretação realista e posicionamento de senso comum. - Não ocorrem situações experimentais - Exigência de generalizações.	- Não faz preceder as observações e realização de experiências de considerações teóricas; os alunos não têm oportunidade de explicitar as suas ideias e não fazem previsões; as observações não são orientadas por critérios com base em modelos e teorias. - Situações experimentais com um papel ilustrativo, com valorização excessiva e exclusiva da observação. - Aparência de descoberta pelos alunos, concluindo a partir da experiência para a teoria. - Não são pedidos relatórios do trabalho experimental e não ocorre avaliação crítica de resultados e processos. - Recorre com frequência a analogias ocasionais

II -DINÂMICA DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO			
C - Contexto e Estrutura da Descoberta			
Professora A	Professora B	Professora C	Professora D
- Perspectiva de saber estático e cumulativista sem estrutura para a descoberta. - Conhecimento definitivo e ahistórico. - Dose de ocasionalidade para a descoberta. - Omitida qualquer referência à História da Química e fraco domínio da História da Ciência - Ausência de estratégias explorando controvérsias reveladoras da não linearidade da construção do conhecimento em ciência.	- Alguma referência à História da Ciência com manifestas dificuldades. - A imagem que passa é a de descoberta bem situada e com nome inequívoco, ocorrida de forma imediata por um sábio de alta estirpe. - Não são utilizados recursos temáticos envolvendo material histórico.	- Não há contextualização para a descoberta. - Nenhuma estratégia delineada para explorar a construção de novo conhecimento científico. - Uma referência isolada à História da Ciência, papel meramente ilustrativo. - Perspectiva redutora da ciência que a limita à forma e conteúdo da actualidade e em definitivo (não imagem de construção dinâmica do conhecimento científico).	- Não há contextualização para a descoberta. Não são reflectidas a origem e mudanças sofridas pela ciência identificando os múltiplos contributos para o estabelecimento de novas teorias. - Ausência de referência histórica, o que faz sobressair uma perspectiva e imagem redutora da ciência que a limita à forma e conteúdo da actualidade e em definitivo. - Não há estratégias delineada para explorar a construção de novo conhecimento científico. - Implícita uma perspectiva limitativa e estática do saber científico

II - DINÂMICA DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO			
D - Dinâmica Erro/ Verdade			
Professora A	Professora B	Professora C	Professora D
- Exploração não intencional do erro - Representação dogmática do mundo real e ciência formada de verdades - Postura realista. - Não há ênfase nas limitações, erros e dúvidas que são inerentes a toda a actividade humana	- Situações de erro evitadas, ignoradas ou contornadas. - Sobrevalorização da condução operativa rigorosa da experiência, perturbando-se com a ocorrência de imprevistos. - Atitude de camuflar imprecisões e erros reforçando a verdade que conduziria a conhecimento absoluto. - Imagem de certezas contemporâneas.	- Ocorrem várias formas de tratamento de erro traduzindo algumas diferentes atitudes mas praticamente sempre convergentes para um entendimento dogmático do conhecimento científico como verdade definitiva. - Discurso afirmativo ou interrogativo, categórico e sem criar oportunidades de os alunos fazerem previsões com base explícita na teoria que estudaram. - Não se evidencia a precaridade da validade temporal e, por vezes espacial, das teorias científicas.	- Ocorrem várias formas de tratamento do erro traduzindo algumas diferentes atitudes mas praticamente sempre convergentes para um entendimento dogmático do conhecimento científico como verdade definitiva. - Não há valorização e exploração dos erros dos alunos com identificação e aceitação de CA, nem oportunidades para a discussão de resultados discrepantes ou anómalos da experiência. - Não se evidencia a precaridade da validade temporal e, por vezes espacial, das teorias científicas.

III - FACE HUMANA E SOCIAL DA CIÊNCIA			
E - Imagem do Cientista e da Comunidade Científica			
Professora A	Professora B	Professora C	Professora D
- Referência frequente ao termo "cientista" e "químico", indicadores de proximidade e familiaridade. - Face humana dos trabalhadores da ciência, na perspectiva actual. - Referência ao trabalho de laboratório com posicionamento empirista. - Aproximação ao envolvente físico da comunidade científica mas afastado do clima de controvérsia e discussão. - Referência abundante a termos do meio social dos cientistas. - Valorização do trabalho científico.	- Imagem gloriosa de Lavoisier, descobridor de leis. - Referência à existência de uma sociedade científica como lugar de filtragem do conhecimento científico. - Ausência da imagem de discussão e controvérsia na comunidade científica. - Situação de comunicação de resultados simplista, ausente de discussão e de confronto de ideias.	- Não ocorre nenhuma situação de referência a cientistas e ao seu trabalho no seio da comunidade científica. - Inexistência de possibilidade de confronto de ideias com as dos colegas e de oportunidades de comunicar e ouvir comunicar resultados de trabalhos realizados ou de projectos. - O assunto é despido de qualquer conteúdo ideológico e humano, reduzido e circunscrito a uma visão apertada de ciência ingénua. - Imagem de saber feito, aproblemático, definitivo, sem rosto humano nem social.	- Não ocorrem referências a cientistas e seu trabalho e vivências no seio da comunidade científica. - Imagem muito antropomórfica da natureza e de sujeito dominador. - Não passa imagem de ciência como construção humana de teorias que ultrapassam outras e que necessitam certificação pela comunidade científica. - Ciência como réplica da realidade, não ideal e explicativa. - Imagem de saber feito, aproblemático, definitivo, sem rosto humano nem social.

III - FACE HUMANA E SOCIAL DA CIÊNCIA			
F - Relação Ciência /Tecnologia e Sociedade			
Professora A	Professora B	Professora C	Professora D
- Recurso frequente a exemplos da Química na sua relação com questões sociais e tecnológicas que não explora com consistência epistemológica. - Sensível a aspectos ambientais não sendo estas as questões à volta das quais se discutem problemas e se aprendem conceitos: não implementa estratégias CTS. - Sensível às questões de segurança no laboratório. - Papel principal para a ciência.	- Não é explorado o aspecto da relação CTS. - Imagem de contextos separados para a Natureza e para a Química. - Saber espartilhado, sequencial e perspectiva cumulativista. - Ausência de debates em que os alunos expressem as suas opiniões fundamentadas relativamente a implicações da ciência e tecnologia nas questões éticas, ambientais, patrimoniais etc..	- Não ocorre exploração dos temas em contexto de influências e interrelações entre a ciência, tecnologia e sociedade, problemas tecnológicos ou sociais como ponto de partida para o ensino de teorias e conceitos. - Não há actividades planeadas com a função de mostrar as implicações da ciência e tecnologia nas questões éticas, ambientais, patrimoniais etc.	- Não ocorre exploração dos temas em contexto de influências e interrelações entre a ciência, tecnologia e sociedade, problemas tecnológicos ou sociais como ponto de partida para o ensino de teorias. - Não há actividades planeadas com a função de mostrar as implicações da ciência e tecnologia nas questões éticas, ambientais, patrimoniais e outras. - Imagem de aparente aproblematismo dos assuntos em estudo.

Capítulo 5

Planificação Didáctica Epistemologicamente Fundamentada

5.1. Introdução

A planificação que se apresenta é uma hipótese de prática de ensino e como tal foi proposta pela investigadora para discussão e reflexão num Seminário de Formação para professores do Terceiro Ciclo e Ensino Secundário convidados, alguns deles já participantes da primeira fase do estudo e de entre os quais se seleccionaram os professores-colaboradores para a terceira fase. Com estes veio, de forma mais minuciosa, a ser trabalhada/discutida em privado iniciando-se simultaneamente uma formação desses professores em processos com contornos de investigação-acção para que tomassem parte de forma activa, se tornassem conscientes da importância da investigação nas próprias salas de aula e pudessem continuar a fazê-lo para lá da colaboração no presente estudo.

Entre a planificação e a prática de ensino há um tempo e uma acção que conferem contornos de trabalho individualmente moldado por cada professor que adapta a planificação às características pessoais e profissionais e às das suas turmas. Daí que os professores tomaram a planificação apresentada, a discutiram, a alteraram (adequando, por exemplo, os materiais aos seus alunos) e posteriormente a assimilaram como sua.

Além disso há aspectos que são apenas da prática, intrínsecos à situação relacional e grupal e daí ultrapassarem a possibilidade de constarem (mesmo que a nível de previsões) de qualquer planificação.

Quanto aos Materiais e Documentos apresentados têm o valor de exemplos, como então foram discutidos com os professores, numa perspectiva epistemologicamente sustentada. Deles, ou não, foram organizados outros, embora os colaboradores tivessem também em seu poder os apresentados.

Optou-se por deixar neste capítulo o esquema que orientou a construção da planificação didáctica apresentada, explicitando os passos da sua elaboração, mas sem se tornar num esquema "estático, fechado, pouco maleável, e incompleto" mas antes "um esquema de planificação em acção" (Freitas 1995). Com o modelo (figura 5.1) visualiza-se a integração dos vários elementos, na ideia de que o planeamento didáctico é um elemento de reflexão para os professores (Sánchez Blanco, De Pro Bueno & Valcárcel 1997). No modelo que construímos organiza-se a planificação evoluindo da análise do Programa e, tal como no de Sánchez & Valcárcel (1993), valorizam-se aspectos como a análise do conteúdo científico e a análise didáctica dos conteúdos, consideram-se os objectivos de aprendizagem, estratégias didácticas, incluindo avaliação, que implica valorizar a própria construção e apresentação de materiais didácticos (Lowe 1989). Pretendemos que o modelo, no âmbito do quadro teórico apresentado em capítulos iniciais, fosse útil no processo de formação dos professores-colaboradores. Por esse motivo incluímos pormenorizadamente os passos da organização do ensino e as linhas de articulação entre eles, incluindo os movimentos reflexivos, por vezes de regressos a reformulações necessárias (linhas a tracejado no esquema).

Defendendo a necessidade de uma profunda preparação científica, epistemológica e em história da ciência, organizou-se um texto destinado à formação de professores (dos professores colaboradores, em particular) em que se aborda a temática desde o início seleccionada para o estudo: "Conservação da massa nas reacções químicas"; o texto que se inclui é orientado para a formação de professores, organizado na perspectiva da

história da ciência, fazendo sobressair os aspectos que contribuem para a compreensão das questões da ciência e do conhecimento científico, que animaram o século XVIII e que conduziram à superação da teoria do flogisto pela do oxigénio no grupo de cientistas que conviveram com Lavoisier.

É igualmente apresentada a própria planificação tal como foi concebida para o tema em estudo bem como os materiais organizados e as sugestões de desenvolvimento, para se poder avaliar da sua consistência epistemológica e do seu interesse didáctico, e remete-se para o Capítulo seguinte a descrição e análise do que, sobre tal proposta, os professores vieram a concretizar nas respectivas práticas de ensino e a avaliação que foi feita sobre o percurso desenvolvido.

Assim, o presente capítulo contém:

5.2. - O modelo de construção da planificação didáctica.

5.3. - Documento para a formação de professores: "Perspectiva histórico-científica da interpretação do tema "Conservação da massa nas reacções químicas"

5.4 - Articulação com o Programa - Dos Princípios Orientadores às Indicações Metodológicas para o tema escolhido.

5.5 - Pré-requisitos e Concepções Alternativas sobre o tema.

5.6 - Sugestão de um percurso de desenvolvimento na sala de aula.

5.7 - Quadro-Síntese geral da planificação diária sugerida.

5.8 - Documentos didácticos e guias metodológicos para o professor.

5.2. O modelo da construção da planificação

Figura 5.1 - Modelo de planificação.

5.3. Documento para Formação de Professores: Perspectiva Histórico-Científica da Interpretação do Tema "Conservação da Massa nas Reacções Químicas"

Para além de enquadrar o tema seleccionado, pelos motivos apresentados (pertinência do tema - Capítulo 1), o Documento aqui reproduzido, pode ser usado na formação de professores. Salvaguarda-se que não se trata de investigação histórica nem científica, mas do recurso à História da Ciência (HC) e ao contributo da Ciência, numa perspectiva de reflexão epistemológica, como meio de formação de professores.

Apresenta-se um texto utilizável por professores em contexto de formação (seja auto-formação ou orientada). Nele se revêem e clarificam aspectos que conduziram ao estabelecimento de teorias (químicas) interpretativas das reacções químicas, em particular das combustões, por ter sido, do ponto de vista histórico, à volta de tais reacções que ganhou consistência a ideia de conservação da massa.

O Documento organiza-se em quatro episódios:

A - Da Alquimia à Química

A.1 - À procura dos contributos remotos

A.2 - Ideias sobre o calor e o fogo

A.3 - Antecedentes próximos da Química científica

B - A primeira grande teoria química

B.1 - Firmar uma teoria: Sthal e a teoria do flogisto

B.2 - A teoria do flogisto em Portugal

C - Aspectos da Revolução Química:

C.1 - O programa sistemático de investigação de Lavoisier

C.2 - O papel do laboratório e dos novos instrumentos: ciência da balança

A nova nomenclatura.

C.3 - Contestação e aceitação: o firmar de uma nova teoria da combustão (Papel da Academia: discussão científica, publicação, divulgação).

D - Novo contributo para a interpretação das reacções químicas.

D.1 - A teoria atómico-molecular da matéria como um novo paradigma.

D.2 - A reacção de combustão.

A linha de condução dos quatro episódios é a da apresentação das situações e dos contextos e a da revelação, sempre que possível, da controvérsia e da não linearidade dos processos.

Apresentam-se, assim, os primórdios do aparecimento do pensamento e/ou da prática química, pela via da alquimia ou pela via de uma pré-química utilitária, tentando distinguir as duas pelas aplicações dos conhecimentos produzidos, pelos fins perseguidos, mas essencialmente pela filosofia e natureza do conhecimento subjacente a cada uma das posições. Naturalmente que a fronteira entre as duas vias nem sempre está marcada e as margens são resvaladiças. Ambas as vias são consideradas indispensáveis para a compreensão do contexto que antecede a primeira das grandes teorias interpretativas dos fenómenos da combustão. Talvez surja uma teoria organizada/coerente quando as condições de se espalhar pela comunidade e de "fazer escola" começam a tornar-se possíveis.

Num segundo episódio destaca-se a Química do flogisto como teoria (coerente), no contexto que tornou viável a sua aceitação e expansão.

Revela-se a controvérsia que acompanhou o estabelecimento da teoria do oxigénio por Lavoisier e seus defensores, tentando uma avaliação do significado da rotura epistemológica que representa a passagem da velha para a nova Química. O papel do que Goupil (1993) refere como "um colectivo chamado Lavoisier", destaca a importância do estabelecimento de um programa sistemático de investigação, para

chamar a atenção para os pilares da moderna Química, firmados numa ciência das quantidades e no veredicto da balança, na nova linguagem convencional, na instrumentação e no novo conceito de laboratório, no papel da Sociedade Científica, nos apoiantes e adversários, na divulgação e aceitação da teoria, nomeadamente na Europa e em Portugal através, essencialmente, do contributo de Vicente Coelho de Seabra.

Após Lavoisier, e com a participação de muitos químicos, é possível identificar outra grande rotura epistemológica no sentido de uma alteração profunda de teorias interpretativas, com a afirmação da teoria atómico-molecular. Como contributo para uma imagem dinâmica da Ciência, apresenta-se uma reflexão sobre novas interpretações das reacções químicas, e referem-se em particular as reacções de combustão.

Entende-se deste modo que a sequência dos quatro episódios descritos tem a intenção de conferir unidade ao assunto tratado, no sentido da ciência química, desenvolvida sempre num contexto ao qual tributa importância e significado, como construção social e cultural de sujeitos empenhados na procura de interpretações cada vez mais universais, como noutras ciências e com outras ciências, na procura da fórmula unitária que resumisse todo o universo, e por isso, na fronteira entre a especialidade e a interdisciplinaridade obrigatórias.

A - Da Alquimia à Química

A.1 - À procura dos contributos remotos

Para alguns historiadores da Ciência a História da Química é indissociável da Alquimia, dado talvez o contributo desta para aquela. "Os sonhos dos alquimistas tiveram na evolução da química um efeito determinante" (Reichen 1966, 7).

Tertuliano (160 - depois 220), ao explicar as origens da Química, declara que foram os anjos "caídos" quem ensinou às suas concubinas humanas as receitas desta arte condenável e que estes ensinamentos foram consignados num livro intitulado *Chéma*.

No Egipto apelava-se para o deus Thot ou Hermes, em Roma para Plutão, deus dos infernos e das riquezas. A tríplice Hécate presidia, por sua vez, ao louvável cozinhar de venenos (Reichen, 1966). Como refere Amorim da Costa (1986, 95) encontram-se vestígios de práticas alquímicas da China ao Egipto, mas considera-a tipicamente da Idade Média, na Europa, dos séculos IX a XVII, com o maior apogeu nos três últimos séculos daquele período.

Apesar da base racional, Aristóteles pode ter sido o sustentador de uma alquimia para a origem da Química. Embora Gregos e Latinos, no desdém que os intelectuais nutriam pelos artífices (escravos), não se interessassem pela Química, nem como ciência nem como utilitária, foi Aristóteles quem se referiu à "física da qualidade", cujas repercussões se estenderiam como fórmula alquímica e cujas influências perdurariam, praticamente, até Lavoisier, pela tese dos quatro elementos. Originária de Empédocles, foi levada ao dogmatismo na afirmação de que toda a experiência sensorial se baseia sobre quatro qualidades, quente, frio, seco e húmido, que se juntam a uma matéria prima que de si não tem propriedades e não existe no estado isolado, e dão, por combinação das qualidades, os elementos: o fogo (quente e seco), o ar (quente e húmido), a água (frio e húmido) e a terra (frio e seco). A existência da Química justifica-se pelo facto de as qualidades aristotélicas se poderem substituir num elemento pela qualidade oposta. O ar transforma-se em fogo se a humidade é substituída pela secura, ou em água, se o quente é substituído pelo frio. Os elementos, segundo Aristóteles, não são imutáveis e "é possível, partindo de várias substâncias, obter outras completamente diferentes, sem que restem quaisquer traços das primeiras". Toda a Alquimia será edificada sobre este conceito.

Aristóteles não passou de interpretações, mesmo com o mérito de explicações sistemáticas para as múltiplas transformações que a misteriosa matéria desenrola, sem nunca ter realizado qualquer experiência.

No sentido da implicação de uma prática, Zózimo (século III dC) é habitualmente considerado o pai da alquimia. Baseando-se em concepções próximas das de Aristóteles, teve, por exemplo, a confirmação experimental, de que a água aquecida num recipiente aberto se reduz numa exalação que se mistura com a atmosfera e deixa no fundo uma terra branca, pulverulenta, de tal modo que a conclusão de que a água se transforma em ar e terra era inevitável.

Alguns autores defendem que numa primeira fase estes alquimistas em nada se importavam com a filosofia, mas com o rendimento fácil que obtinham com a composição de misturas e drogas mágicas... No fim do século III junta-se-lhe a vigarice. Contudo a Química vai progredindo, sem dúvida que necessitando do progresso instrumental que advém de tais práticas. A escola de Alexandria fornecerá aos ourives imitações de ouro, com as quais se engana com facilidade qualquer cliente ingénuo, e falsifica pedras preciosas a ponto de, em 290, o Imperador Diocleciano publicar um decreto segundo o qual toda a "obra de química e magia" devia ser queimada (Reichen 1966).

Os químicos bizantinos tiveram o mérito de inspirar vários pesquisadores árabes do século VII cujo trabalho foi desenvolvido, de novo, quase cientificamente. Para Amorim da Costa (1986) a origem da ciência árabe, pela sua curiosidade, merece ser referida. Com o avanço do islamismo na Europa ocidental a partir do século VIII, o Alcorão ganha terreno e o ensino fica nas mãos dos mestres e filósofos árabes. Sevilha, Granada, Toledo e sobretudo Córdova na Espanha e Salerno na Itália tornam-se grandes centros culturais marcados pelo desenvolvimento científico árabe, que, segundo Amorim da Costa (*op. cit.*), filósofos, médicos, físicos e alquimistas refugiaram-se em Constantinopla após a queda do Império Romano do Ocidente, acabando por se espalhar pela Síria, Pérsia e Caldeia, formando Escolas e divulgando as obras que traduziram do grego para o siríaco. Assim se encontraram os árabes com Ptolomeu, Hiparco, Galeno, Platão e Aristóteles e os traduziram adaptando os textos às exigências e linhas do islamismo.

Khalid ben Yezid, que morreu em 707, deixou no "Livro de Crates" símbolos convencionais para designar metais e metalóides então conhecidos e ainda a descrição de quatro aparelhos destinados à destilação e à sublimação. Os maiores alquimistas árabes foram Geber (722-803), a quem se atribui também a invenção da álgebra, "muito realista e avesso às extravagâncias de numerosos alquimistas do seu tempo" (Amorim da Costa 1986) e Rhases (860-940). O laboratório do primeiro, em Kufa, forneceu inúmeros esclarecimentos sobre as suas actividades e a sua técnica. Entre as suas descobertas encontram-se diversos sais de arsénio, de enxofre e de mercúrio e algumas observações, em imensos registos bem ilustrados, sobre **calcinação** dos metais. Diz Geber: "O chumbo não mantém o seu peso quando calcina. Pelo contrário, adquire peso suplementar" (Reichen 1966). O papel desempenhado pelo oxigénio, o único susceptível de explicar este fenómeno, tardou em fazer-se conhecer e muitos procuraram a causa desta anomalia. Do ponto de vista teórico, Geber ficou célebre pela sua concepção do mercúrio e do enxofre "filosóficos", que, coadjuvada pela sua concepção de sal, será retomada pela maior parte dos alquimistas do ocidente, embora não se devam confundir estes princípios com os corpos materiais que lhes correspondem. O princípio do enxofre designa a propriedade da combustibilidade, o princípio do mercúrio as propriedades da fusibilidade e volatilidade, o princípio do sal a solidez e a permanência. Ou, tudo o que arde, revela o enxofre, tudo o que se funde e se evapora, o mercúrio e tudo o que subsiste após a **combustão**, o sal. Misticamente, o enxofre é um princípio masculino, quente e activo, o mercúrio feminino, frio e passivo, e o sal o hermafroditismo e a esterilidade. Assim, ao unirem-se, enxofre e mercúrio, podem criar inúmeras composições. É Bacon quem faz chegar algumas destas interpretações. O sucessor de Geber, Rhases (séc X) é menos teórico: descreve, por exemplo, um processo de desidratação do álcool com a ajuda da cal, ensina a preparar óleo de vitríolo (ácido sulfúrico) a partir do vitríolo verde (sulfato de ferro). No século XII, quando as suas obras começam a atingir a Europa Ocidental, os seus conhecimentos não eram de desprezar: os árabes sabiam preparar o sal amoníaco, o óleo de vitríolo, a água forte

(ácido azótico), a água régia (ácido azótico e ácido clorídrico) que dissolvia o ouro. Utilizavam a pedra infernal (nitrato de prata), o litargírio (protóxido de chumbo fundido e cristalizado em lâminas vermelho-alaranjado), o mínio, amálgamas de sulfuretos metálicos, por exemplo o cinábrio ou ouro-pigmento (venenoso, com enxofre e arsénico), serviam-se de alambiques para obter álcool puro. Instruem doutores e alquimistas latinos, em Espanha. Descobrem o bismuto, sais de arsénio, o cloreto ou manteiga de antimónio e as reacções de precipitação. Mas eis que surge a época dos grandes alquimistas, deslocando-se o palco para a Europa Ocidental, de novo perpetuando duvidosas tradições falsárias (receitas para tingir de ouro os metais vis, fabricar pedras preciosas artificiais, desdobrar os metais, enganar sabiamente).

No período áureo dos últimos séculos da Idade Média, é grande o número de iniciados na arte alquímica e são de realçar os nomes de Rogério Bacon, Alberto Magno (1193-1280, bem sucedido na Sorbone), Tomás de Aquino, Rogério Bacon, Arnold de Villanova (1240-1311), Raimundo Lúlio, Nicolau Flamel, Basílio Valentim e Bernardo-o-Trevisano. Têm outras preocupações em mente, e a alquimia deve ser considerada como iniciação espiritual. Ao mesmo tempo que trabalham com as mãos, empreende-se uma ascese. "Se representava a transmutação dos metais vis em ouro e prata, a pedra filosofal representava também o segredo de se ultrapassarem os contrários para fazer do infinitamente pequeno a imagem exacta do infinitamente grande e para fazer do homem o reflexo perfeito do cosmos." (Waldstein 1973, *in* Amorim da Costa 1986, 95). O alquimista constrange-se à discreção e usa uma linguagem cerrada, extraordinariamente rica em sinais, símbolos e alegorias de toda a espécie, explora anagramas e criptogramas. "O alquimista deve ser silencioso e discreto; abster-se de revelar seja a quem for o resultado das suas experiências" (Alberto Magno, *Alchimia*, *in* Amorim da Costa 1986, 97). A pedra filosofal é o fermento indispensável, preparado num balão especial, hermeticamente fechado e exposto durante muito tempo a um calor regular: o ovo filosófico. Esta maravilha devia, contudo, permanecer secreta. Diz Artéfio: "Triste tolo,

serias tu ingénuo a ponto de acreditar que te ensinaríamos explicitamente o mais magnífico dos mistérios?" E Valentim Andrae, nas "Bodas Químicas" previne que "um segredo divulgado perde todo o seu valor. Não se deitam pérolas a porcos, nem se faz uma cama de rosas a burros". O árabe Bar Bahloul dá realmente a receita mágica, mas ela é tão complicada, empregando mercúrio, enxofre, alúmen lamelado, estrume de cabra e processos inúmeros, que depois de ler o seu texto não se fica mais esclarecido que antes (Reichen 1966).

Em 1182, Roberto Castrensis, compilou o "Liber de Compositione Alchemioe" e em 1572 aparecerá uma colecção reproduzindo manuscritos muito mais antigos com o título: "Artis auferoe quam chemiam vocant" (A arte de fazer o ouro e à qual se chama química). Se o alquimista medieval dispõe de uma vasta gama de especialidades, compõe amálgamas, ligas de chumbo para engastrar os vitrais das catedrais góticas, corantes para tons indeléveis, unguentos e remédios para uso dos boticários, cosméticos e perfumes ou venenos eficazes, "ele não exerce tais actividades senão para manter as aparências e para ganhar o seu pão, sendo o seu trabalho secreto e esotérico a tansmutação dos metais em ouro" (Reichen 1966, 26). Alia-se à Alquimia um carácter secreto e sagrado, pelas inúmeras lendas que se perpetuaram para lá do fim da Idade Média.

Para muitos historiadores da ciência (Reichen 1966; Jaffe 1967; Debus 1984) Paracelso (1493-1541) foi um dos mais espantosos alquimistas do século XVI. Inaugurou a primeira cátedra de Química fundada no mundo na Universidade de Basileia em 1527, embora não tenha lá ficado muito tempo. Entre contradições e incoerências, de que é acusado, Paracelso efectuou muitas observações com interesse. Reconheceu, por exemplo, que o ferro atacado pelo vitríolo (ácido sulfúrico), em presença da água, origina "uma libertação semelhante ao vento" (hidrogénio), verificou que, através da **calcinação**, o estanho aumenta de peso. Destes fenómenos dava explicações ocultistas: o princípio enxofre é substituído pelo princípio sal e o metal morre deixando cinzas. "Aqueça-se essas cinzas com algum fermento (entenda-se carbono) e volta a obter-se o

metal primitivo graças ao fermento, símbolo da ressurreição" (Reichen 1966, 26-30). Contudo, na sua opinião, a alquimia não devia ter como única finalidade a transmutação dos metais, mas também a descoberta de remédios que permitissem aliviar os sofrimentos da humanidade (Reichen *op. cit.*). Van-Helmont na sua obra *L'Aurore de la Médicine* refere-se a Paracelso, na sequência de uma referência a Basílio Valentim: "O frade beneditino descreveu com toda a clareza a alma do metal, a que chamou enxofre ou tintura; o corpo, a que chamou sal; e, por fim, o espírito, a que chamou mercúrio. Estes princípios assim recebidos de Basílio foram transferidos a seguir, com uma admirável aplicação, para o conjunto dos corpos por Teofrasto Paracelso, um século mais novo que Basílio" (Amorim da Costa 1986, 102).

A esse tempo, a Europa estava num momento de grande pujança intelectual. Apesar desse renascimento, a medicina era ainda uma pseudo-ciência baseada nos ensinamentos de Hipocrates, Avicena e Galénio. Superstição, misticismo e falsas teorias eram as pedras angulares da estrutura que Paracelso encontrou depois da morte de Trevisano (Jaffe 1967). Segundo esta história da Química, estudou na universidade de Montpellier, vagueou entre Bolonha e Pádua, Espanha e Portugal, antes de viajar para Inglaterra. Paracelso clamou pela necessidade de experimentação: "I admonish you not to reject the method of experiment, but, according as your power permits, to follow it out without prejudice. For every experiment is like a weapon which must be used according to its peculiar power, as a spear to thrust, a club to strike, so also is it with experiments" (Jaffe 1967, 26). As mudanças que ocorrem no corpo são químicas, as doenças devem ser tratadas pelos químicos, a vida é essencialmente um processo químico e o corpo um laboratório químico no qual os princípios do mercúrio, sal e enxofre se misturam e reagem para trazer a doença ou a saúde. Publicamente a sua posição era de que "the true use of chemistry is not to make gold but to prepare medicines", contudo, em privado, tentaria preparar ouro alquímico (*op. cit.*, 30). Como os seus escritos, assim era Paracelso - estranha mistura de honestidade, credível, cruzado destemido e místico, que cobardemente corria atrás do ouro (*op. cit.*, 31).

É convicção de Amorim da Costa (1992, 157) que "Muito pouco se tem escrito sobre a alquimia em Portugal. Inclusivé, não falta quem pense que ela praticamente não existiu, nem teve cultores propriamente ditos". Contudo, o historiador da ciência encontra provas abundantes para a tese que defende de que, dos cinco tratados sobre a Pedra Filosofal que no século XVII Thomas Huper imprimiu em Londres, os dois apresentados como sendo da autoria de Alphonso, Rei de Portugal, teriam sido escritos por D. Afonso V, "o africano" (1432-1481). Pela mesma altura, a prática química em Portugal, ao serviço da medicina e da farmácia, era influenciada por Fioravanti, com João Bravo Chamisso, no seu tratado *De Medendia Corporis Malia*, a considerar a alquimia como "parte integrante da cirurgia", e Duarte Arraes, no seu *Tratado dos Oleos de Enxofre*, citando Paracelso e Arnaldo Vilanova. Sabe-se ainda que, no século XVI-XVII, Frei Vicente Nogueira (1586-1654) possuía uma biblioteca recheada de preciosos tratados alquímicos, com obras de Hermes Trimegisto, Raimundo Lullio, Basílio Valentino, Paracelso, etc., que a Inquisição terá apreendido e queimado (Amorim da Costa 1992, 157-158).

À medida que nos aproximamos do século XVII, as preocupações científicas tornam-se mais precisas em relação directa com o estádio de desenvolvimento de outras áreas do saber, Astronomia, Matemática, Física e com outras áreas de desenvolvimento. Os alquimistas são ridicularizados, como refere Reichen (1966). Mas é difícil colocar van-Helmont (1577-1644), o químico místico do renascimento científico, entre os alquimistas ou entre os verdadeiros cientistas (Reichen 1966).

A pedra filosofal, estava indissoluvelmente ligada ao elixir da longa vida, simples infusão da dita pedra... Juntando a perseguição de um dissolvente universal, que por isso mesmo nem poderia ser guardado em recipiente nenhum, chegamos ao ponto de irracionalidade da alquimia... Os alquimistas são talvez poetas, se atentarmos em títulos escolhidos para as suas obras: "A demolição e conquista do purgatório anunciadas por

ordem do papa da química ao som de uma trombeta e de baterias que se erguem na ilha das injúrias"; os corpos químicos, tais como o vitríolo de lua (sulfato de prata), cristais de vénus (nitrato de cobre), sal de saturno (acetato de chumbo), criam um elo com a astrologia.

Se é longa a via das origens da Química pelos séculos da Alquimia, não o é menos, em termos temporais, pela via do que podemos chamar de uma pré-química. Nasce nas olarias, nas oficinas dos ferreiros, nas boticas...

Os alquimistas consideravam-se *filósofos pelo fogo*, acusando os cultivadores das filosofias puras de "nunca terem enegrecido as mãos com carvão" (Amorim da Costa 1986, 103-104). A eles se deve a montagem dos primeiros laboratórios, o desenvolvimento de muitas técnicas laboratoriais (destilação, calcinação, sublimação, refinação) que executaram com cuidado e rigor, e a imaginação dos primeiros, ainda que rudimentares, utensílios laboratoriais: retortas, cadinhos, trituradores...

Em síntese... Alquimia mais associada a aspectos mágicos, sagrados, mas interpretativos, mas que não se dissocia de uma origem iminentemente utilitária e de sobrevivência da humanidade... De qualquer modo se cruzaram, indiscutivelmente, os rituais sagrados sem interpretação mas pura superstição inquestionável e os avanços práticos e instrumentais que os rituais alquímicos exigiam...

É difícil estabelecer "o dia" da viragem. Os contributos somam-se. É impossível distinguir onde termina o domínio da Alquimia e se inicia o da Química. Alguns autores referem períodos distintos, e da Alquimia passam à Iatroquímica. As transições, no tempo, permanecem indefinidas e impossíveis de estabelecer, porquanto, talvez, uma contivesse também parcela da outra.

A.2 - As ideias sobre o calor e o fogo

"The stories of heat and civilization are inextricably bound together" .

Glashow 1994, 194

Paralelo ao acumular de conhecimentos, materiais e práticas é o entendimento que os obreiros do desvendar dos mistérios da matéria foram acumulando acerca do fogo e do calor.

Prometeu, figura mitológica grega, terá roubado o fogo aos deuses e entregou-o aos mortais que o usaram para cozinhar alimentos, aquecer-se, extrair metais para ferramentas e ornamentos e acabou, no progresso implementado, por fazer da sociedade moderna aquilo que ela é.

Possuidor do fogo há quase um milhão de anos, o homem ainda hoje se deslumbra com o fogo e fenómenos com ele estritamente relacionados como o calor e a chama .

De Empédocles, Platão e Aristóteles à revolução científica dos séculos XVI-XVII, ao Fogo foi inquestionavelmente atribuída a categoria de elemento, a par com a Água, Ar e Terra, bases do sistema cosmológico, fisiológico e químico tradicional, explicando a composição da matéria, os estados de saúde e doença (humores), o movimento e a vida. A essência do elemento Fogo estava associada às qualidades de seco e quente.

Na sequência da doutrina de Empédocles, o Fogo foi considerado como princípio de leveza, que quando adicionado aos outros elementos diminui o seu peso.

Theophrastos, num pequeno tratado sobre o Fogo, afirma que ele difere dos outros três elementos pelas múltiplas aparências em que se manifesta (calor, por exemplo), pelas variadas formas em que se pode apresentar e pelo grande poder com que penetra em todas as coisas e se espalha por lugares sem conta. Olympiodoro considerou-o o elemento activo de todas as coisas, o primeiro dos quatro elementos, o elo de ligação dos outros três elementos; causa de fluidez dos corpos como salientaria Boerhaave (*in* Amorim da Costa 1990). Da maior ou menor quantidade da matéria do

fogo que impregna os corpos, dependeria tão somente o estado físico em que existem. Actuante sobre os corpos, o fogo é a fonte de desordem donde jorra calor, chama e luz.

A hipótese metafísica da unidade da matéria domina toda a filosofia alquimista da Idade Média. Afirma-se que toda a matéria, na sua unidade primordial, incriada e eterna, se diversificara, no tempo, em apenas dois princípios: o enxofre, elemento masculino e activo; e o mercúrio, feminino e passivo. O fogo afirmava-se como elemento essencial e substância de referência de tais princípios. Assim, o enxofre seria frio, fusível, volátil, visível no estado "água" e subtil no estado "ar".

No século XVI, Paracelso faria Escola relegando a teoria dos quatro elementos aristotelianos para segundo plano, e buscando explicações para tudo nos chamados "tria prima", o *mercúrio*, o *enxofre* e o *sal*. O fogo seria a grande base da explicação de tais princípios, cuja identificação se faria por **combustão** ou por destilação. Dos três princípios, o enxofre seria a causa da combustibilidade, da estrutura e da substância das coisas. O mesmo se verificaria com a chamada "teoria dos cinco corpos simples" ou dos cinco "princípios" (juntando aos três de Paracelso dois princípios passivos, a água e a terra), formulada por J. Duschesne e genericamente adoptada no século XVII pelos iatroquímicos do *Jardin du Roi*. Mais do que nunca, a atenção dos Filósofos da Natureza se voltou com interesse para a natureza do fogo e do ar e para a natureza da combustão.

Amorim da Costa (1990) refere que nos finais do século XVII, quando a prática química se voltava para o estudo da natureza e das transformações das substâncias, e já menos se preocupava com a pedra filosofal, os seus cultores votam-se à "sabedoria do fogo". Ela é a arte que ensina a separar as diversas substâncias que se acham nos *mixtos* (N. Lémery, Cours de Chimie, Paris, 1675 *in* Amorim da Costa 1990) ou, no sentido mais clássico, o puro do impuro e o útil do inútil. O fogo transforma as coisas, como já

praticavam os antigos. Permite aos corpos entrarem em reacção química, dissolverem-se, dilatarem-se, fundirem, evaporarem-se.

No século XVIII, em Portugal, refere igualmente Amorim da Costa (1990), é ainda bem patente a ideia da Química como Ciência do fogo, referindo a *Pharmacopea Ulissiponense* (1716, João Vigier) e a *Pharmacopea Tubalense* (1735, de Manoel Rodrigues Coelho), nas quais "a acção do fogo, nos seus diferentes graus, é doutrina básica em que todo o verdadeiro químico se deve demorar".

Com os alvores da Ciência Moderna, Bacon, Galileu, Boyle, Descartes... interrogaram-se sobre a natureza do fogo, do calor, da luz, da chama, na procura de respostas satisfatórias. João Jacinto de Magalhães deixou um "Ensaio sobre o fogo elementar e sobre o calor dos corpos" e Vicente Coelho de Seabra (1787; *in* Seabra 1985) organizava uma notável "Dissertação sobre o calor", publicada em Coimbra.

Relativamente à natureza da luz encontramos o século XVII dividido entre uma teoria de carácter corpuscular e uma teoria de carácter vibracional, que se extremaram assumindo aspectos irredutíveis com Newton e Huygens. O século XVIII foi particularmente sensível à concepção corpuscular e o século XIX à concepção ondulatória. Os físicos do século XX, com Einstein e De Broglie tentaram a conciliação das duas na teoria da dualidade onda-corpúsculo. A oposição entre as duas concepções para a luz reflecte-se em idêntica oposição entre uma concepção do calor como substância material, ainda que imponderável, consubstanciada na teoria do calórico, e uma concepção do calor como movimento das partículas materiais, na teoria do movimento molecular (Amorim da Costa 1990). Qualquer das duas teorias sobre a natureza do fogo remonta à antiguidade clássica, onde já Platão (427-347 a.C.) distinguiria entre o fogo "elemento que penetra a matéria" e o calor, "movimento das pequenas partes da matéria", numa relação de causa a efeito. Já Aristóteles (384-322 a.C.) descrevera o calor como "uma substância oculta formada por partes em perpétuo movimento".

Bacon, Descartes, Newton, Boyle, Bernouilli, Euler, são alguns destacados defensores da tese do calor como movimento (vibração do éter, para Newton). Galileu, Nollet, Leibniz, Stahl, Crawford, João Jacinto de Magalhães, Boerhaave, Gravessande, Lavoisier e Laplace, até finais do século XVIII, consideraram o calor como uma subatância material, distinto do fogo e da luz, imponderável, para uns, ponderável para outros. Não antes dos finais do século XIX, Mayer, Joule, Clausius, Kelvin, Gibbs e Boltzmann, foram alguns dos que contribuíram para o estabelecimento, com a termodinâmica, de uma teoria mais consistente para as questões em aberto sobre o calor e aspectos relacionados.

A.3 - Antecedentes próximos da Química moderna

Progressivas descobertas, somando contributos, acumulam conhecimento e/ou prática, em particular no campo dos gases, estudo predecessor das explicações para a combustão. É conveniente perceber que condições tinham sido reunidas e que tornaram possível, posteriormente, a organização de uma teoria, no sentido de corpo organizado e coerente de ideias explicativas, interpretativas e previsivas que engloba os vários fenómenos subsequentemente observados e que se esforça por resistir no tempo, às contrariedades... A atitude perante a ciência teria sido modificada pelo progresso nas várias vertentes do saber, pela influência renascentista dos descobrimentos, que conduzem à abertura do conhecimento e à comunicação dos resultados. Parece ser este o aspecto que indicia, e inicia, o afastamento progressivo do modo de pensar e das práticas dos alquimistas.

Galileu, por exemplo, gastou os seus últimos anos de vida a estudar os movimentos dos corpos em queda e corroborou as suas ideias, por meio de experiências cuidadosas ou até experiências conceptuais, que todos os corpos caiem da mesma maneira. Reconheceu que os corpos de baixas densidades, tais como folhas e penas,

voavam vagarosamente para o chão e atribuiu esse efeito à resistência do ar, que necessariamente teria de ser uma substância.

Torricelli (1608-1647) era um jovem e promissor cientista italiano cujo sonho era trabalhar com Galileu, descrevendo-se a si próprio como "a copernican by conviction, by profession and sect Galilean" (Glashow 1994). Tornou-se assistente de Galileu três meses antes do grande cientista morrer. Torricelli resolveu um problema que lhe permitiu produzir o primeiro vácuo artificial do mundo. Descobriu a pressão do ar, inventou o barómetro e calculou a altura da atmosfera terrestre. Como descreve Glashow (*op. cit.* , 163) a sua intenção era "not simply to produce a vacuum, but to make an instrument which would show the changes in the air, wich is at time heaver and thicker and at times lighter and more rarefied". Pascal (1623-1662) pensou que uma coluna de mercúrio poderia funcionar como um altímetro ou como um barómetro. Otto van Guerick inventou uma engenhosa e poderosa bomba de ar capaz de produzir vazio num volume apreciável. Confirmou que o ar é uma substância material e todos os objectos, mesmo os mais leves, caiem, no vazio, com a mesma rapidez. Bombeando o ar para fora de uma garrafa contendo pequenos animais, mostrou que o ar é essencial à vida.

Na primeira metade do século XVII, Torricelli conjecturou e Pascal provou, que vivemos sob um oceano de ar. A bomba de van Guerick tornou possível explorar as propriedades do ar no laboratório. O ar é uma forma de matéria cujos atributos, como os de qualquer outra forma de matéria, podem ser determinados empiricamente e interpretados cientificamente (Glashow 1994, 164).

Duas grandes controvérsias surgem no século XVII, e não são resolvidas até ao século seguinte. Uma diz respeito à confusão em relação à natureza do calor e do fogo (ver 1.2). A outra resultou da insistência de alguns para olhar o ar como um elemento fundamental e não reconhecer a existência de outro tipo de gases com propriedades

químicas diferentes das do ar (Glashow 1994, 182). Jean van Helmont, a quem se deve o termo "gás" (derivado do grego *caos*), observou que os gases são gerados por uma grande variedade de processos químicos e biológicos.

Ao tempo de Boyle (1627-1691) sabia-se que mesmo pequenos animais não podiam sobreviver por longo tempo num contentor fechado, apesar de terem água e comida. As suas mortes eram atribuídas à ideia de o ar não ser meramente um meio passivo mas uma substância química activa e vital. O químico inglês suspeitou que este ar era um material complexo. Nas suas palavras: "our atmospherical air may consist of three differing kinds of corpuscles" (Glashow 1994, 183).

Boyle é com frequência creditado com as modernas definições de elemento e de composto, como sugerem extractos do seu "The Sceptical Chymist", embora algumas vezes, ele próprio, pareça chegar a conclusão diferente (Glashow 1994, 183).

Apesar do longo caminho que à Química faltava percorrer, a moderna disciplina emergiu, em larga medida, do estudo do ar e de outros gases, pelos sucessores de Boyle.

Stephen Halles (1677-1761) inventou um aparelho para recolher gases sobre a água. Recolheu os gases libertados pelo aquecimento de sangue, conchas, madeira, sementes, mel, açúcar, tártaro, calcário, pirites, etc., preocupando-se com a quantidade de gás libertado em cada situação, e não acerca das suas qualidades particulares. Como refere Glashow (*op. cit.*), "o ar era ar". Faltou-lhe a ideia de que existem diferentes espécies de gases com propriedades físicas e químicas diferentes.

Joseph Black (1728-1799) descobriu o primeiro gás cujas propriedades são demonstravelmente diferentes das do ar comum. Chamou-lhe "ar fixo" (dióxido de carbono). Black mostrou, examinando uma série de reacções químicas, que o "ar fixo" tem um papel específico e quantitativo nas transformações químicas. Numa das suas mais famosas demonstrações aqueceu calcário comum ($CaCO_3$) numa retorta. Como este se decompôs para formar cal viva (CaO), um grande volume de "ar fixo" (CO_2) foi produzido e recolhido. Black dissolveu a cal viva resultante em água. Isto é remarcável,

como aponta Glashow (1994), pois o original calcário ou o mármore, é totalmente insolúvel em água. O dióxido de carbono previamente recolhido foi então feito borbulhar através da água de cal e reagiu para formar partículas de calcário, que se depositavam no fundo do contentor. A massa de calcário obtida igualava a massa de calcário de que se partira. Black demonstrou tanto a decomposição, pelo aquecimento, do calcário em cal, $CaCO_3$ ——> CaO + CO_2, como a recombinação da cal e dióxido de carbono (em solução aquosa) para formar calcário, CaO + CO_2 ---> $CaCO_3$. Posteriormente, Black mostrou que a potassa (K_2CO_3, usada desde há séculos para fazer sabão) reage com água de cal para formar calcário e potassa cáustica (KOH).

As investigações de Black despertaram a crença de que o ar não era o único tipo de gás. Aquilo a que ele chamou "ar fixo" era evidentemente uma substância química reactiva que era inteiramente distinta do "ar comum". Era produzido por respiração, fermentação e pela combustão.

Para Glashow (*op. cit.*) e outros historiadores da ciência tinha começado, com as investigações de Boyle e Black entre outros, a pneumoquímica - que orientou o estudo quantitativo (e qualitativo) das propriedades dos gases.

O gás que conhecemos como hidrogénio foi, pela primeira vez, preparado pelo russo Lomonossov. Em 1745 escreveu: "da solução de qualquer metal não precioso, em ácido, emerge um vapor inflamável que não é mais do que o flogisto". Apenas algumas décadas depois, descobriu-se que a água não é um elemento e que o hidrogénio, o mais abundante no universo, é um dos seus constituintes elementares.

Cavendish (1731-1810), que raramente publicava os seus resultados, mediu as densidades dos novos gases. O CO_2 é cerca de 1,5 vezes mais denso que o ar, enquanto o hidrogénio tem apenas um décimo da sua densidade. Com esse contributo, em Novembro de 1783, um balão, desenhado e construído pelos irmãos Montgolfier, com dois passageiros, foi lançado nos céus de Paris para voar durante 25 minutos sobre uma distância de mais de 5 milhas.

Nem o "ar fixo" de Black nem o "ar inflamável" de Cavendish são componentes significativos do "ar comum". Ao discípulo de Black, Rutherford, coube a tarefa de isolar a parte do ar que permanece depois de uma combustão ter lugar. Aqueceu uma porção de fósforo numa amostra de ar sobre água. Os fumos foram absorvidos pela água. Quando o processo estava completo, cerca de três quartos do ar permaneciam. Rutherford isolou o nitrogénio e percebeu que ele não alimentava as combustões ou a respiração, tal como o "ar fixo", mas, ao contrário deste, não turvava a água de cal. Rutherford chamou a este novo gás "mofeta". O nitrogénio, o constituinte elementar dominante na atmosfera terrestre, foi, então, descoberto em 1772.

J. Priestley (1733 - 1804) aumentou a pneumática de Halles substituindo o banho de água por um banho de mercúrio. Com este aparelho de recolha, gases que se dissolviam ou reagiam com a água poderiam, a partir de então, ser recolhidos. E Priestley encontrou alguns, chamados agora de óxido nítrico, cloreto de hidrogénio, amónia, dióxido de enxofre, tetrafluoreto de sílica, etc. Em 1774, encontrou o mais procurado gás de todos - o oxigénio.

A descoberta do oxigénio foi devida a uma curiosa propriedade do mercúrio. Quando aquecido no ar, forma um óxido vermelho; aquecido ainda mais, o óxido de mercúrio decompõe-se nos seus elementos constituintes. Priestley mostrou que este novo gás provoca maior brilho na chama de uma vela e ainda que ratos sobreviviam nele mais tempo do que em ar comum. Priestley concluiu que este novo gás era "mais puro" do que o "ar comum" e chamou-lhe "ar desflogisticado" (Glashow 1994, 187).

O oxigénio, imediatamente, se tornou o foco central de interesse dos químicos, tanto em Inglaterra como no continente. Foi encontrado que o ar consiste de cerca de 80% de nitrogénio e 20% de oxigénio. Quando Cavendish extraía o oxigénio e o nitrogénio de uma amostra de "ar comum", restava-lhe um pequeno e inexplicável resíduo. Em 1894 soube-se que tal consistia no gás inerte árgon, que forma cerca de 1% do ar comum.

Cavendish publicara em 1766 que o hidrogénio ardia, mas ele não identificou o seu produto de combustão. Em 1781 ficou atónito ao verificar que se tratava de água. Estudos mais quantitativos publicados em 1784 mostraram que dois volumes de hidrogénio reagem com 5 volumes de "ar comum" de forma a consumir todo o hidrogénio e diminuir o volume de ar comum em 20%. Apesar da evidência pôr a claro o facto de que o hidrogénio e o oxigénio se combinavam entre eles para formar água, Cavendish insistiu numa explicação em termos de flogisto.

Cavendish reforçou a falsa noção de que a água é um elemento indecomponível e fundamental. Ele olhou tanto para o oxigénio como para o hidrogénio como variedades de água com o seu conteúdo em flogisto modificado...

A Química dos gases foi uma tarefa muito britânica. A par destas investigações as interpretações apresentadas tinham por base uma teoria coerente centrada na existência de um material de características particulares, e desenvolvida na Alemanha. O próximo e mais profundo desenvolvimento efectuar-se-á, depois, em Paris, no laboratório de Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794).

B. TEORIAS DA COMBUSTÃO

B. 1- Firmar uma teoria: Sthal e a teoria do flogisto

A Química manteve-se, na emergência da revolução científica dos séculos XV-XVII, partidária de uma filosofia vitalista, mais naturalista, do entendimento do cosmos. O vitalismo, como refere Amorim da Costa (1987a), foi desenvolvido por Paracelso (1493-1541), van Helmont (1577-1644) Stahl (1660-1734) e Leibnitz (1646-1716). Paracelso, ao professar a constituição do cosmos a partir dos quatro elementos de Empédocles e Aristóteles, professava também que cada um deles era constituído por três princípios, o enxofre, o mercúrio e o sal, "vivificados" por um *archeus*, o sopro divino emanado do sistema solar, de tal modo que a esses elementos assentaria melhor o

qualificativo de "almas", de preferência ao qualificativo de "matéria". É sobretudo dentro do vitalismo de Paracelso, que, nos séculos XVII e XVIII, algumas explicações de certos fenómenos químicos se assumem (Amorim da Costa 1987a).

A doutrina dos cinco corpos simples dos químicos do *Jardin du Roi*, como a doutrina dos três princípios da filosofia química de Paracelso, chave da iatroquímica então praticada, são reformuladas e assumem uma orientação e um conteúdo significativamente diferentes. A atenção dos químicos volta-se com mais interesse para a natureza do fogo, do ar e dos demais elementos, deixando-se arrastar, com naturalidade, para os problemas sobre a **natureza da combustão**.

Becher (1635-1682) dá o passo mais decisivo nessa reformulação. As suas obras *Oedipus Chimius* (1664) e *Physica Subterranea* (1669) rapidamente se impõem como dois textos base sobre os elementos, os princípios e os processos químicos. Nelas, Becher rejeita a doutrina corrente relativa aos quatro elementos de Aristóteles, afirmando que o fogo não é um verdadeiro elemento e considerando que os princípios elementares de todas as coisas são o ar, a água e a terra. Porém, destes três, mais do que elementos constitutivos, o ar é, antes, um instrumento de mistura e, portanto, os elementos que são realmente base de todas as coisas materiais são a água e a terra. Da mistura delas, sob acção do ar, resultam as estrelas, os animais, os vegetais e os minerais. A terra é a substância essencial na formação dos corpos subterrâneos. Considerando as diferentes propriedades dos metais e outros minerais, Becher foi levado a admitir três tipos de terra: uma que explicasse a substância, outra, a sua cor, e uma terceira, a sua subtileza, forma, odor e peso. Na natureza existiriam pois, uma terra *vitrescible*, uma terra *pinguis* e uma terra *fluida*.

Não obstante o inegável paralelismo, não há uma correspondência rigorosa, nem estricta, entre estes três tipos de terra e os três princípios de Paracelso, o sal, o enxofre e o mercúrio. A filosofia dos princípios químicos de Becher afastava-se claramente da correspondente filosofia de Paracelso. Esta *Physica Subterranea* de Becher fascinou

particularmente o químico alemão George Stahl (1660-1734) que a considerou um dos mais importantes textos químicos que já haviam sido escritos. Stahl analisou-a com cuidado, em pormenorizado estudo, e reeditou-a em 1703, incluindo um longo comentário de sua autoria, sob o título *Specimen Beccherianum.*

Stahl identificou a *terra pinguis* de Becher, uma terra gordurosa, oleosa, e combustível, com o princípio sulfuroso de Paracelso, responsável pela combustibilidade dos corpos em cuja composição entre. E na sequência de uma certa tradição alquímica chamou a essa terra **flogisto** (Becher não lhe tinha chamado flogisto): "ego phlogiston appelari corpi; nempe primum ignescible, inflammabile; directe atque eminenter ad calorem suscipiendum atque fovendum habile Principium" (G.E. Stahl, Specimen Beccherianum, Apêndice de *Physica Subterranea* de Becher, editada em Leipzig, joh. Ludov. Gleditschium, 1703, *in* Amorim da Costa 1988).

Para Stahl, esta *terra pinguis* a que chamou flogisto, tornou-se a base dum novo sistema teórico explicativo de todos os fenómenos químicos que logo se constituiu na teoria química verdadeiramente compreensiva que dominaria quase todo o século XVIII e a que aderiram facilmente os químicos mais notáveis.

Todo o sistema animático de Stahl (1669-1734), particularmente no conteúdo químico, tem, então, as suas raízes na *Physica Subterranea* de Becher e insere-se na corrente dominante da filosofia química do século XVII dos iatroquímicos, professos discípulos de Paracelso e de Van Helmont. Caracteriza-o uma certa rejeição da filosofia mecanicista nascente e seu apelo ao tratamento matemático do conhecimento da natureza, com redobrada profissão de fé na mais pura das crenças vitalistas. Sob o ponto de vista químico o sistema animático de Stahl é mais conhecido por sistema flogístico, por tomar para base da constituição química de todos os corpos, a *terra pinguis*, da física de Becher, identificada, na sequência de uma tradição relativamente longa e antiga, como o princípio alquímico enxofre, já por outros, mais que uma vez, designado por flogisto, para salientar o seu carácter inflamável (Amorim da Costa 1987a).

Flogisto designa, assim, um princípio material responsável pela combustibilidade das substâncias. Segundo a teoria que o impõe, as substâncias combustíveis apresentam esta propriedade devido à circunstância de o conterem em maior ou menor quantidade, o qual perderiam ao entrar em combustão, observando-se, eventualmente, como consequência, a produção de fumos, calor ou chama; restava então um resíduo de propriedades diferentes designado por "cal". Deste modo, os metais, por exemplo, deveriam ser associações de flogisto e "cal" e poderiam ser regenerados a partir desta por adição de uma certa quantidade de flogisto, normalmente por aquecimento com carvão, considerado "flogisto quase puro".

No sistema conceptual de Stahl os corpos podiam ser divididos nos que são princípios simples ou nos que são compostos (Taghard 1993). Os princípios de Stahl são substâncias básicas e não aquilo de que os compostos são feitos, apesar de alguns serem definidos mais em termos de funções activas do que substância. Os princípios simples incluem água e terras, das quais há, então, três espécies: o princípio vitrificável, liquidificável e princípio inflamável ou flogisto. Uma mistura é um corpo que consiste de princípios simples, enquanto que um composto consiste de misturas. As propriedades dos compostos são explicadas em termos dos princípios que contêm. O enxofre, por exemplo, arde porque contém o princípio inflamável, o flogisto.

Uma descrição completa do sistema conceptual de Stahl pode também mostrar as relações e regras que possibilitam à teoria do flogisto explicar a **calcinação** e a respiração. Em contraste com a nossa ideia corrente de que os metais se combinam com o oxigénio para produzir óxidos, a teoria do flogisto dizia que estes eram mais simples que os metais. Quando aquecidos, o flogisto do carvão a arder combinava-se com eles para produzir os metais. A calcinação, tal como a **combustão**, é o resultado de os metais perderem o seu flogisto. A respiração tem o efeito de remover o flogisto do corpo para o ar, e então, quanto mais o ar estiver saturado com flogisto por combustão ou respiração, mais esta se torna impossível (Conant 1964 *in* Taghard 1993). O sistema

conceptual de Stahl era então muito amplo e providenciava um quadro explicativo para muitos fenómenos importantes.

Neste primeiro grande **paradigma químico**, com um carácter sistemático e programaticamente universal que foi o sistema flogístico, Stahl defenderia que o carvão e os corpos combustíveis se transformavam, pela **combustão**, em calor e luz; reciprocamente, o aquecimento dos produtos duma combustão levaria à fixação da luz e do calor, com regeneração dos respectivos metais (Amorim da Costa 1990).

Para os flogistas, a teoria do fogo e da luz aparece, assim, estritamente relacionada com a **calcinação** e **combustão**. O fogo, constituinte de todos os corpos combustíveis e que deles se separaria quando sujeito a combustão, mais não seria que o próprio flogisto, uma substância inflamável, *sui generis*, matéria condensada da luz e causa imediata das cores dos corpos.

A teoria do flogisto mantinha viva a doutrina de Paracelso sobre a existência de um princípio específico, o "enxofre", constitutivo de todos os corpos inflamáveis que se dissiparia quando estes fossem queimados. Apenas, em vez de "enxofre" tal princípio chamava-se "flogisto". A teoria do flogisto, como o culminar de doutrinas anteriores, nomeadamente de Paracelso, sobre o princípio da combustibilidade, identificando o "enxofre" com o flogisto de Becher e montando uma teoria, viria a impôr-se e a perdurar.

A teoria do fogo e da luz dos flogistas adoptou com naturalidade o carácter de "princípio de leveza" que Aristóteles assinalara como característica intrínseca do próprio fogo, uma vez que ao libertar-se dos corpos os deixava mais pesados e ao fixar-se neles os tornava mais leves (Amorim da Costa 1990). O flogisto seria como que o princípio vital dos metais: tal como acontece quando o princípio vital de um ser vivo se escapa, o deixa mais pesado, jazendo imóvel sobre a terra, assim acontece na calcinação dos metais. Calcinar, mais não seria do que mortificar (influências do vitalismo).

Defensor de posições flogistas, Scheele sustentaria ser o fogo uma combinação do "ar fixo" com o flogisto. Quando nesta combinação o "ar fixo" fosse mais abundante que o flogisto, o fogo manifestar-se-ia como luz e quando a quantidade de flogisto fosse demasiado grande ter-se-ia o "ar inflamável" (Bertholet 1890 *in* Amorim da Costa 1990).

Stahl aceitou em 1694 uma cátedra da nova universidade de Halle. Foi médico do rei da Prússia e membro da Real Academia. Escreveu 240 obras de Química e Biologia (teoria animista) (Barreira sd). Devotado à análise química dos *mixtos*, com uma tecnologia altamente baseada no uso do fogo, como outros químicos (muito farmacêuticos) do século XVII e inícios do século XVIII acabaram por se interrogar sobre a natureza do fogo e calor e dos elementos que obtinham na resolução dos "mixtos", erguendo a celebrada teoria do flogisto. Esta teoria conseguia, então, explicar certos aspectos do comportamento químico das substâncias e chegou a conquistar numerosos adeptos entre os químicos da época, alguns deles, justamente famosos, como Cavendish, Scheele, Priestley e outros.

A teoria de Stahl teve tal repercussão que é impossível não a tomar como referência tal como não se pode minimizar a obra experimental do grande químico, no seu laboratório (Reichen 1966). Para Jean de Rosmorduc (1983, 129) não há dúvida de que os trabalhos sobre o flogisto fizeram progredir o conhecimento sobre as combustões.

Cedo surgiram porém diversas objecções, as mais importantes das quais tinham por base a verificação experimental de que qualquer "cal" era mais pesada do que o metal de onde derivava; este facto, hoje óbvio, visto a "cal" ser o respectivo óxido, não estava de acordo com a hipótese de corresponder ao "metal desflogisticado", a não ser que o flogisto tivesse peso negativo, como chegou a ser sugerido, num significado de hipótese auxiliar, para suster a teoria.

Apesar das suas diferenças radicais dos nossos sistemas químicos correntes, que são largamente baseados nos trabalhos de Lavoisier, não é possível despreciar o poder e compreensibilidade do sistema de Stahl, mais do que a sua estranheza.

B. 2 - A teoria do Flogisto em Portugal

Em Portugal, antes do Tratado de Rodrigues de Abreu, a *Farmacopea Lusitana* de D. Caetano de Santo António, nas suas diversas edições, ignora por completo a orientação química de Becher e Stahl. Outro tanto não acontece com Joam Vigier que afirma tratar-se de "compostos de cinco princípios" e logo a seguir precisa que o enxofre ou óleo é "tudo o que facilmente se inflama e arde".

Historiando sobre estas questões no nosso país, Amorim da Costa refere "o realce do chamado sistema de Stahl, pela verosimilhança com que se afirmou, estribado em sólidos, experimentaes e racionaes fundamentos, como dele haveria de dizer o médico J. Rodrigues de Abreu (1682-1752), "o introdutor de Stahl no nosso país"" (Amorim da Costa 1987a). Martinho de Mendonça (1693-1743), no Proémio à Historiologia Médica deste insigne médico não hesitou em denominar esse sistema de "Sistema Animástico" por se tratar de um sistema que admite "humas substâncias Immateriaes, Activas ou Moventes, em que se recebe a Vida". Rodrigues de Abreu, ao longo de toda a obra, repetidamente defende como doutrina de Stahl, que todos os corpos naturais são dotados de um espírito vital, ou princípio activo imaterial. Tudo é constituído por *Terra Subtil* mais ou menos disposta para a salsugem, de *Óleo* e de *Água*, a cuja união e separação preside aquele princípio Activo que tem no movimento o seu instrumento principal. A mentalidade alquímica continuava bem viva, com a convicção profunda de ser possível a transformação radical dos metais vis em metais nobres, e a transformação radical do homem mortal em ser imortal, graças a este fermento misterioso por todos almejado, a "pedra filosofal".

A Historologia Médica de Rodrigues de Abreu, de 1733, é a defesa e introdução pronta do sistema stahliano em Portugal. Nela, o autor "depois de dar notícia de todos os systemas que tem havido na Medicina, conheceo que o systema Stahliano merecia preferencia entre os outros, porque conforme os seus Principios, nelle se pode dar melhor razão dos phenomenos da Natureza Humana, tanto no estado de saúde, como no tempo das enfermidades"; "por todos estes motivos tomou a resolução de explicar a doutrina daquelle Author, e o fez na lingua Portugueza".

"Não são poucos os que neste Reyno buscão a melhor Fysica na curiosa observação dos effeitos naturaes, e na saguaz indagação das suas causas". E a terminar: "não somente he V. m. o primeiro que em Portugal segue o sistema Stahliano, mas também o primeiro que, dando à luz a sua Historologia Medica, com nobre impaciencia se afasta da Filosofia Escholastica, que neste Paiz he o forte da authoridade Peripatética (Proémio de Martinho de Mendonça).

Rodrigues de Abreu faz história sobre as várias doutrinas até se fixar no sistema de Stahl que considera o mais verosímil de todos. Quase idolatricamente enumera todas as obras publicadas, ano a ano, por Stahl e refere uma longa lista de 57 escritores que seguiram a sua doutrina, que, segundo ele, assenta na observação e contemplação das três seguintes circunstâncias: (i) - a matéria do corpo humano e sua *mixtão*; (ii) - a vida ou conservação do corpo *mixto*; (iii) - o modo com que se conserva o mesmo corpo tanto pelos movimentos vitais ordinários como extraordinários (Amorim da Costa 1990). Rodrigues de Abreu chama **Química Nova** à Química posterior a Paracelso, na sua tripla orientação: a Alchimia, a Chymica Fysica e a Chymica Pharmacêutica todas elas com fidelidade à experiência: "faça-se primeiro a experiência, depois seguirá o juízo" (*ibidem*). Seduzido pelo animismo Stahliano ele encontra na Química experimental o verdadeiro e real conhecimento das coisas (Amorim da Costa 1988).

Estritamente afecto à tradição de Becher e Stahl se revelou igualmente Manoel Henriques de Paiva (1752-1829) naquela que apresenta como "a primeira obra chimica que em nossa linguagem sahe a luz", os seus "Elementos de Chimica e Pharmácia", já

quando Lavoisier movia cerrada guerra às doutrinas flogistas. Ele defende que os princípios activos que penetram a composição íntima de todos os corpos são Fogo, Ar, Água, Sais e os Corpos Flogísticos (Amorim da Costa 1987a).

C - Aspectos da Revolução Química:

C.1 - O programa sistemático de investigação de Lavoisier: A rotura com a teoria do flogisto e a construção da nova teoria do oxigénio

No século XVIII o ensino das matérias científicas encontrava-se ainda fracamente representado nas universidades e, no caso da Química, as cadeiras que existiam eram diminutas e quase sempre associadas à Medicina ou à Farmácia. Na época de Lavoisier assistia-se a um crescente interesse pela ciência e pela experimentação, tornando-se moda e traduzindo-se no aumento do número de amadores e na proliferação de gabinetes de física, laboratórios de química e colecções de história natural.

Lavoisier (1743-1794), jovem licenciado em direito, obteve a sua formação inicial em química nas lições do químico farmacêutico Rouelle, nas prelecções que este, animadamente, dava no *Jardin du Roi*, em Paris. Os trabalhos laboratoriais representavam apenas uma parcela das suas tarefas diárias e à semelhança dos seus colegas ele era mais um "amateur" da ciência do que um cientista (Santos & Costa 1992).

A casa de Lavoisier tornou-se, progressivamente, num centro internacional de Ciência, visitado, entre outros, por Thomas Jefferson e Benjamin Franklin, por Black e Priestly (Glashow 1994, 188).

Já os antigos filósofos gregos tinham especulado que a quantidade total de matéria não poderia mudar. Esta ideia foi sucintamente colocada pelo poeta romano Lucrécius: "As coisas não podem vir do nada e não podem voltar ao nada". No século XVII, van Helmont testou a hipótese da conservação da matéria. Pesou uma certa quantidade de

vidro e dissolveu-a numa base forte. Tratando a solução com ácido para reconstituir a sílica, ele mostrou que o material obtido pesava o mesmo que o vidro original. Mas a **conservação da massa** parecia não se aplicar ao mais familiar tipo de transformações químicas, as **combustões**.

O interesse de Lavoisier pela combustão terá começado em 1772, o "ano crucial", como lhe chamou Guerlac (1961 *in* Santos & Costa 1992), com o início dos trabalhos que conduziriam a uma grande alteração no modo de compreender o processo da combustão. Movendo-se contra a teoria do flogisto, chegou aos anos de 1780 com uma desenvolvida teoria do oxigénio, que veio a tornar-se a base da química moderna. Importa analisar a estrutura conceptual do desenvolvimento das ideias de Lavoisier. Para Thagard (1993, 42) o seu percurso traduz-se por alguns pontos fulcrais. Concentrando-nos nesses períodos é possível acompanhar Lavoisier desde a vaga ideia de que o ar devia ser absorvido na calcinação e combustão (1772), até a uma robusta alternativa à teoria de Stahl, com a construção da madura teoria do oxigénio (1789). A origem do interesse pela combustão e calcinação e a ideia de que o oxigénio se combina com as substâncias surge depois do trabalho de Guyton de Morveau que mostrou conclusivamente, pela primeira vez, que os objectos ganham peso na calcinação. Lavoisier, ainda nesse ano, verifica que "um conjunto de experiências mostra que o ar entra na composição de minerais". Nesse seu esquema conceptual inicial, as três espécies de substâncias são o ar, as *cales* e os metais. As *cales* produzem ar e os metais ganham peso quando se tornam *cales*. Para explicar estas ideias Lavoisier poderá ter conjecturado que as *cales* devem conter ar. E tal hipótese poderia servir para explicar por que é que estas substâncias efervescem e porque é que os metais ganham peso na calcinação. Lavoisier não teria ainda, neste ponto, uma teoria do oxigénio, mas apenas a tal vaga ideia de que a presença de ar nos minerais explicaria alguns fenómenos estranhos.

Em Setembro de 1772 realizou experiências sobre a combustão do fósforo e do enxofre, apercebendo-se do ganho de peso ocorrido. Numa carta fechada dirigida à Academia das Ciências em Novembro de 1772, e para ser guardada até que tivesse completado outras experiências, Lavoisier já afirmava que o aumento de peso provinha de uma imensa quantidade de ar. E, convicto da importância da descoberta, escreveu: "Cette découverte me paraissant une des plus intéréssantes de celles qui aient été faites depuis Stahl" (Guerlac 1961 *in* Santos & Costa 1992, 128), sugerindo que o aumento de peso na calcinação e combustão deveria ter a mesma causa e estabelecendo a sua prioridade na descoberta da natureza da combustão (Jaffe 1967, 70). Notando também o envolvimento de grande quantidade de ar durante a redução do litargírio (protóxido de chumbo, vermelho alaranjado) com carvão, passou a acreditar que o aumento de peso de um metal quando calcinado era igualmente devido à absorção de ar.

Em Janeiro de 1774 publicou um detalhado relatório de experiências relevantes no seu "Opuscules Physiques et Chymiques", envolvendo calcinações e combustões e dissolução de terras tais como calcário, o que suportava a existência de um "fluido flexível elástico" no calcário, alcális e cales metálicas, não sendo claro se este fluido seria parte do ar ou o próprio ar (Taghard 1993).

Antes mesmo da era do flogisto, Boyle encontrara em duas experiências que metal encerrado num recipiente fechado e aquecido até à transformação do que sabemos ser o seu óxido, ganhava peso, e pensou que os corpúsculos ígneos passaram através dos poros do vidro. Tais experiências faziam parte de uma série concebida para demonstrar a natureza corpórea da luz do sol e da chama. Para ele o recipiente era fechado "to prevent all suspition of any accession of Weight accruing to the Metal from any Smoak or Saline Particles getting in at the mouth of the Vessel" (Scott 1971). Referindo-se a esta situação, Glashow (1994, 195) comenta que Boyle não teria ficado surpreendido se tivesse pesado o frasco fechado, antes e depois de o ter aquecido.

Em Abril de 1774, Lavoisier repetiu a experiência de Boyle mas com uma técnica aperfeiçoada, e se Boyle não tinha pesado o recipiente antes de o fechar e de novo antes de o abrir, aquele fê-lo e encontrou apenas uma pequeníssima diferença, mostrando que nada podia ter passado através do vidro e que o aumento no peso do recipiente depois do ar ter de novo entrado era aproximadamente o mesmo que o do peso ganho pelo metal durante a calcinação. Os fundamentos da nova teoria tinham sido lançados. No Outono, Lavoisier encontrou um empasse. O ano de 1773 tinha-o passado principalmente a estudar o trabalho dos químicos ingleses, repetindo muitas das suas experiências. O trabalho de Black e as suas próprias repetições de tais experiências e outras posteriores, persuadiram-no de que o ar absorvido durante a calcinação era o "ar fixo" (dióxido de carbono) de Black. Assim, ele introduziu desse gás num recipiente fechado no qual se dava a combustão do fósforo e apercebeu-se de que a combustão não tinha lugar. Por essa altura, em Agosto de 1774, Priestley aqueceu o óxido vermelho de mercúrio (cal de mercúrio) e obteve um gás no qual uma vela ardia com uma chama vigorosa; obteve o mesmo gás quando aquecia óxido vermelho de chumbo. Em Outubro, Priestley visitou Paris e encontrou-se com Lavoisier falando-lhe das suas experiências. Ter-lhe-á dado o que ainda lhe faltava. Pouco depois dessa visita, Lavoiser preparou e estudou o oxigénio no seu próprio laboratório. Escreveu em 1789: "(...) this species of air was discovered at the same time by Mr Priestley, Mr Scheele, and myself. Mr Priestley gave it the name of "dephlogisticated air", Mr Scheele called it "empyreal air". At first I named it "highly respirable air", to which subsequently has been substituted the term "vital air". We shall presently see what we ought to think of these denominations" (Glashow 1994). Tal questão vem mostrar a dificuldade em fazer a atribuição de uma descoberta a uma única pessoa e num momento e lugar determinados e inequívocos. Em Novembro, Lavoisier iniciou as experiências com o óxido vermelho de mercúrio e no Abril seguinte apresentou à Academia Francesa uma memória sublinhando (já) a sua nova teoria sem contudo fazer referência a outros químicos. Por esta altura, Lavoisier sabia que a cal de mercúrio podia ser reduzida ao metal,

aquecendo-a, pois este facto tinha sido referido por Bayen e Lavoisier iniciara a experimentação pouco depois do encontro com Priestley. Uma nota de Lavoisier, de Março de 1775, mostra que nesta altura, quando ele esperava que o gás libertado por aquecimento da cal de mercúrio fosse o "ar fixo", ficou surpreendido por verificar que uma chama nele introduzida era avivada.

Lavoisier estudou a combustão por recurso a muitas e engenhosas experiências. Sabia que os diamantes ardiam, não deixando cinzas. Tendo pedido alguns emprestados a um conhecido joalheiro de Paris, fechou-os num recipiente sem ar e aqueceu. Na ausência de ar, os diamantes mantinham-se intactos, para deleite dos cientistas e alívio dos joalheiros. Mostrou, assim, que o ar é necessário para a combustão. "It was the glory of Lavoisier" escreveu Davy uma geração depois, "to lay the foundation of a sound logic in chemistry by showing that the existence of phlogiston, or of any other principles, should not be assumed where they could not be detected" (Glashow 1994, 196).

Em 1776 Lavoisier ainda admite que, por vezes, ele tem mais confiança nas ideias do eminente flogista britânico Priestley que nas suas próprias (Holmes 1985, *in* Thagard 1993).

Por volta de 1777, contudo, Lavoisier já desenvolveu uma rica e clara alternativa à teoria do flogisto. Em Memória à Academia ele descreve o "ar puro" ou "ar eminentemente respirável" como ingrediente do "ar atmosférico". Scheele, Priestley e Lavoisier isolaram este ingrediente, sendo polémico atribuir uma prioridade na descoberta (Cassebaum & Schufle 1975). Priestley interpretou-o à luz da teoria que defendia, chamou-lhe "ar desflogisticado" porque a combustão e a respiração funcionavam melhor no seu ambiente. Lavoisier estava agora convicto de que o agente na combustão e calcinação era essa parte separada do ar. A versão final (1778) da Memória de 1775 difere: "o princípio que se une aos metais na sua calcinação e aumenta o peso e os transforma em cales, é a porção do ar, a mais pura" (Lavoisier 1864, 123).

Digamos que o seu sistema conceptual, por 1777, traduzido na "Mémoire sur la combustion en général", contém quatro espécies de ar (eminentemente respirável, atmosférico, fixo, mofeta) e descreve como é que a combustão e a calcinação são explicadas considerando o "ar puro" como um corpo combustível. No mesmo ano a respiração é assunto de outra Memória.

Em 1780 Lavoisier chama ao "ar puro" princípio oxigénio e considera que uma vez admitido este princípio, as principais dificuldades da química parecem desaparecer, e todos os fenómenos se explicam com uma espantosa simplicidade. Completamente, rejeitou a teoria do flogisto, mas o seu conceito de oxigénio diferia do nosso, no qual o gás oxigénio não era, ele próprio, um elemento. Em 1789, quando publicou o "Traité Elémentaire de Chimie", refere-se à matéria do fogo e calor, como calórico. Tal como os flogistas assumiam que os objectos que ardiam continham um princípio inflamável, Lavoisier assumiu, e logo desde 1772, que o ar devia conter um princípio do calor que explicava por que as combustões produziam calor.

Na estrutura conceptual de Lavoisier, em 1789, o oxigénio é já um elemento, como a luz e o calórico, e conta com os recentemente descobertos hidrogénio e nitrogénio; os óxidos são produzidos pela oxidação dos metais e os objectos não metálicos ardem em combinação com oxigénio produzindo luz e calor.

Ocorreu uma substancial mudança conceptual focada em dois aspectos: o desenvolvimento do conceito de oxigénio e o grau de confiança colocado por Lavoisier no sistema total. Como já referimos, passou de vagas ideias acerca da relevância do ar para a combustão e calcinação (1772, 1774) para a hipótese que ele claramente admitia como rival da teoria do flogisto (1783).

Não estava, contudo, ainda, seguro de ter derrubado a teoria do flogisto. As experiências de Lavoisier não a invalidaram de imediato. Pelo contrário, apenas conduziram a uma hipótese alternativa que teve de ser cuidadosamente analisada e, por isso, determinou a programação dos seus trabalhos futuros. Inicialmente estudou o papel do ar na combustão de outras substâncias e metais quando este inicialmente era

considerado um componente inerte nas combinações e decomposições químicas (Guerlac1961 *in* Santos & Costa 1992). No grande número de experiências que realizou em 1773, algumas com base em experiências já efectuadas por outros químicos, Lavoisier confirmou a existência de uma relação entre o aumento de peso e a diminuição do volume de ar. Apenas identifica a componente do ar responsável pela combustão em 1775. Em 1777 denominou-a de "oxigénio" (Santos & Costa 1992) na sequência do estudo da composição de vários ácidos e de verificar que todos eles são constituídos por esse elemento comum a que atribui a propriedade da acidez.

O oxigénio passou a ser o elemento central no sistema de Lavoisier. Contudo não era ainda o suficiente para o ataque decisivo à teoria do flogisto. Para explicar a combustão tinha também de explicar a produção de luz e calor, que a teoria do flogisto explicava. Os trabalhos sobre calorimetria realizados com Laplace entre 1782 e 1783 viriam a estar na base da sua teoria do calórico (Santos & Costa 1992).

Com a ajuda da sua balança, Lavoisier tinha-se proposto destronar qualquer falsa herança da antiguidade. Era cuidadoso, com ideias crescendo claras à medida que lia ou repetia experiências dos seus predecessores e contemporâneos. Calmamente começou a recorrer a explicações e fracas teorias que começavam a tomar corpo e a mover-se progressivamente no esquema da sua Química. O flogisto não tinha cabimento nesse esquema. Enquanto no resto da Europa clamavam por ele tenazmente, Lavoisier já vislumbrava muito para além. Para ele isso era um mito, perniciosa e inútil teoria sem fundamento nem consistência. Devia existir uma mais simples e mais lógica explicação para a combustão do que aquelas que implicavam o recurso ao flogisto de Stahl. Com dextria começou a dissecar a velha ideia. Com intuição científica rejeitou tal teoria mesmo antes de ter uma substituta, mas perseguindo sempre uma alternativa. Procurava uma explicação para a combustão e o flogisto não servia! Rapidamente o deitou abaixo erguendo, contudo, o calórico. Meio século antes, a Academia Francesa tinha oferecido um prémio para um ensaio sobre a natureza do calor. Todos os três vencedores

favoreciam uma teoria materialista. Não era estranho que Lavoisier aceitasse a explicação de que o calor era um fluido subtil que penetrava os poros de todas as substâncias conhecidas. Admitiu, contudo, que não tinha uma concepção muito clara para a real natureza deste calórico: "since there are no vessels wich are capable of retaining it" ele escreveu: "we can only come at the knwledge of its properties by effects which are fleeting and difficultly ascertainable" (Jaffe 1967).

Para Thomson, Conde Rumford, o calor era uma forma de energia, a energia das partículas da matéria em movimento, como Newton e Lomonossov tinham sugerido e não um fluido imponderável. Ele sabia que o calórico iria em breve perecer. Escreveu a um amigo: "I am persuased that I shall live a sufficiently long time to have the satisfation of seeing caloric interred with phlogiston in the same tomb" (Jaffe 1967, 69).

Mas o calórico não foi uma teoria tão viciosa. Aqui reside a grande diferença entre o mito do flogisto e a ficção do calórico. É que Lavoisier não dependia do calórico para explicar os factos das transformações químicas. A sua Química não era baseada nesse vaporoso calórico, enquanto que o flogisto era a fundamentação da estrutura da Química de Stahl. Para Lavoisier o calórico não era uma explicação para a combustão. E quando o fenómeno da combustão ainda o intrigava determinou-se a resolvê-lo cientificamente. "Neither the fetish of flogiston nor the belief in calorico was going to decide it. "we must trust in nothing but facts"" (Jaffe 1967, 71).

Lavoisier mostrou que a combustão é a combinação química do oxigénio com uma substância combustível e que o metabolismo dos humanos e dos animais envolvia "combustão interna" do carbono e do hidrogénio (nos alimentos) para exalar CO_2 e H_2O.

Entretanto Cavendish realizou a composição da água. A descoberta de Cavendish da combustão do hidrogénio para formar água teve, igualmente, um papel importante no pensamento de Lavoisier. Brilhantemente repetiu o trabalho do inglês e introduziu uma

experiência engenhosa para verificar a composição da água do ponto de vista da sua nova teoria da combustão. Essas experiências foram conclusivas (Jaffe 1967).

O título do seu primeiro grande "paper", publicado em 1788, é ilustrativo: "On the nature of water and on experiments that appear to prove that this substance is not properly speaking an Element but can be decomposed and recombined". A água é um composto dos elementos oxigénio e hidrogénio. Não existe outra explicação. A água não pode ser transmutada em terra. Todos os quatro elementos gregos se tinham definitivamente desfeito: O ar é agora uma mistura de elementos, a água já é um composto, o fogo torna-se o **processo da oxidação** e a terra surge em muitas variedades químicas distintas (Glashow 1994).

A teoria da combustão de Lavoisier, que recebeu uma aragem fresca com a descoberta da composição da água - que ele também reclamou para si - na década seguinte, foi, com o trabalho de outros, integrada no novo sistema químico, com novos conceitos e nova linguagem.

As experiências sobre a composição e decomposição da água vieram completar os argumentos para um ataque público e frontal à teoria do flogisto. Como referem Santos & Costa (1992) "a água passou do estatuto nobre de elemento "aristotélico" para o de um composto constituído pelo oxigénio e "ar inflamável" tal como já acontecera com o ar que passou a ser considerado como uma mistura".

O ataque decisivo à teoria do flogisto iniciado já em 1777 na memória *Sur la combustion en général* viria a ser publicado na célebre *Réflexions sur le flogistique* (1783) (Santos & Costa 1992). Este período fértil culminou em 1789 com a publicação do "Traité Élémentaire de Chimie" (Scott 1971).

Os estudos de Lavoisier sobre a **combustão** conduziram-no a formular a lei da conservação da matéria. Com uma montagem experimental bem concebida (Glashow 1994, 197), Lavoisier mostrou que é consumido ar quando o mercúrio volta a pó vermelho. Aquecido depois o óxido vermelho de mercúrio decompõe-se no mercúrio

original. Tal como Priestley, antes dele, Lavoisier recolheu o gás que se libertava e verificou tratar-se de oxigénio puro. Noutra experiência, colocou uma quantidade determinada de ferro num tubo fechado, mas com ar. Depois de aquecer o tubo, pesou o produto de reacção e mediu a quantidade de ar que foi consumido. Escreveu: "The air will be found to be diminished in weight exactly to what the iron has gained (...) so that, in effect, the augmentation of the weight of the one exactly coincides with the loss of it in the other" (Glashow 1994, 196).

Lavoisier provou que o ganho em massa de uma parte de um sistema fechado é sempre acompanhada por uma perda de massa noutra parte. Em 1789, avançou a lei da conservação da massa: "rien ne se crée, ni dans les opérations de l'art, ni dans celles de la nature, et l'on peut poser en principe que, dans toute opération, il y a une égale quantité de matière avant et aprés l'opération; que la qualité et la quantité des principes est la même, et qu'il n'y a que des changements, des modifications" (Lavoisier 1864, 101).

Por volta de 1783, o sistema químico de Lavoisier tem como princípios fundamentais o oxigénio (explicação da combustão e da acidez) e o calórico (explicação das mudanças de estado e libertação de calor nas combustões); o sistema tinha-se desenvolvido de um modo coerente e, além disso, apresentava uma grande capacidade interpretativa e poder de previsão (contribuiu nomeadamente para a descoberta de alguns ácidos), algo em profundo contraste com a teoria do flogisto, para a qual cada conquista do sistema de Lavoisier representava a necessidade de uma alteração da teoria ou a adição de hipóteses suplementares (Santos & Costa 1992).

Lavoisier interpretou os factos claramente. A **combustão**, dizia, é a união de uma substância combustível com o oxigénio. O produto formado durante a combustão pesa mais do que a substância original, de um peso igual ao peso do ar que se combina com o corpo combustível. Muito simples. Nem flogistos misteriosos nem estranhos calóricos,

mas sim, como refere Jaffe (1967), o testemunho das mais sensíveis balanças da Europa para suportar este pensamento.

C.2 - O papel do laboratório e dos novos instrumentos: ciência da balança; A nova nomenclatura.

Desde o início da sua carreira científica que Lavoisier se mostrava animado de uma grande ambição: fazer obra para a posteridade. No termo das suas primeiras experiências escreveu em relação ao seu programa de investigação "qu'il devrait entraîner une révolution en physique et en chimie" (Icikovics 1993, 1). Tal convicção de destruir a teoria dominante assenta e toma forma num novo tipo de laboratório, recheado de instrumentos de precisão, no centro dos quais se situa a balança. Enquanto que a Química do flogisto assentava numa base qualitativa, com ligação a saberes antigos, apesar de variados e por vezes eficazes, as propostas de Lavoisier afirmam-se pela via quantitativa. A regra adoptada é que se pesem os constituintes químicos antes e depois das reacções, que se façam balanços e se avaliem as mudanças na matéria pelas alterações na massa, na certeza de que o que foi ganho num lado, forçosamente foi perdido algures. As investigações firmaram-se bem no famoso princípio: "rien ne se perd, rien ne se crée", o antigo princípio que Lavoisier reinterpreta estritamente em protocolos experimentais. De tal princípio decorre igualmente que as quantidades em jogo numa reacção se devem manter na reacção inversa, o que tem valor de prova.

Deste ponto de vista, a revolução de Lavoisier é também uma revolução da prática química. Ela toca a própria natureza desta ciência e instaura uma condição nova no conhecimento das combinações entre elementos numa reacção química: conjunto de meios de medida, de armazenagem, de controlo, de recuperação dos produtos de reacção e dos gases em particular, e a análise qualitativa para as identificações. Tratou-se de uma excepcional, embora dispendiosa, rede instrumental que permitiu experiências de forma sistemática e que permitiu interpretar de forma nova experiências e resultados

que outros também obtinham mas que continuavam a interpretar no quadro de uma teoria já desadequada (Icikovics 1993).

Foi na *Rue Neuve des Bons-Enfants* (próximo do *Palais Royal*), em Paris, que Lavoisier montou o seu laboratório, na casa onde o casal se instalou após o casamento. Entre 1772 e 1776 aí conduziu os trabalhos sobre o ar e comunicou os primeiros resultados à Academia, inaugurando uma fase de intensa investigação seguindo até 1777, já instalado no Arsenal, e cada vez mais ocupado com questões da sua profissão no Estado. Os seus rendimentos provinham da sua fortuna pessoal e do seu cargo profissional como controlador de impostos. Foram estes rendimentos que lhe permitiram construir um dos laboratórios químicos mais bem equipados do século XVIII e despender somas consideráveis na realização de algumas experiências (Santos & Costa 1992). As operações básicas e os laboratórios químicos do século XVIII não diferiam muito dos do século anterior, consistindo normalmente de uma grande divisão com vários fornos adaptados a diferentes tipos de operações, vasos e aparelhos para destilações e sublimações, utensílios para filtrações, evaporações, macerações, calcinações, coagulações, precipitações. No final do século XVIII são incorporados novos instrumentos destinados ao estudo dos gases (bombas pneumáticas e aparelhos para recolha) e de medição (termómetros, barómetros, gasómetros). As balanças de precisão aparecem só no século XVIII, sendo a primeira da autoria de Cavendish (Santos & Costa 1992).

Lavoisier estava, em 1774, fiel ao seu método fundado sobre a utilização duma aparelhagem precisa e especialmente adaptada a cada caso. Cercou-se pouco a pouco de outros sábios, rodeou-se igualmente de engenheiros, de técnicos, de ajudantes de laboratório, de gente jovem a quem ele ensinava química teórica e prática e recebia, em troca, a sua colaboração (Donovan & Journet 1993, 27). Meusnier (1754-1793), dotado de reconhecidas competências técnicas, entrou para a relação de Lavoisier no

momento em que este empreendia a série de experiências decisivas sobre a análise e síntese da água. O seu contributo foi então, essencialmente, de ordem técnica e relativa ao aperfeiçoamento de certos aparelhos, em particular os destinados à medida dos volumes gasosos.

Lavoisier concebeu e fez construir pelos melhores artesãos franceses da época numerosos aparelhos de precisão de que tinha necessidade para realizar o seu programa. Entre eles se contava Nicolas Fortin (1750-1831), célebre pelos barómetros mas que construiu para Lavoisier balanças especialmente justas e sensíveis, e Pierre Bernard Mégnié (1751-1807), que construiu grandes gasómetros e numerosos outros aparelhos. Lavoisier confiava na qualidade dos aparelhos construídos pelos artesãos franceses, que, segundo ele, atingiam e ultrapassavam o nível dos seus homólogos ingleses, considerados até então superiores. Todos estes colaboradores tiveram o seu lugar no "colectivo" Lavoisier (Goupil 1993, 31).

Os instrumentos de precisão foram de grande importância para a formulação da teoria de Lavoisier e o laboratório constitui uma grande diferença relativa aos existentes na sua época ainda de utilização muito privada, assemelhando-se já aos do século XIX quando a investigação científica em equipa se generalizou.

O método de Lavoisier é confiante no veredicto da balança (Bensaude-Vincent & Journet 1993) e fez devisa no famoso **princípio da conservação da matéria**, curiosamente carimbada "**Lei de Lavoisier**" mas que figurava já na filosofia antiga, dos pré-socráticos aos epicuristas e dominando a física ao longo dos séculos XVII e XVIII. A lei da conservação da matéria não era um princípio abstracto mas uma regra de construção do cenário da experiência, ou seja, uma regra operatória: ingredientes, um recipiente fechado, uma reacção e uma medição comum a toda a matéria, a massa que se mede com a balança está presente antes, durante e depois de qualquer acto experimental. De instrumento de medida, a balança tornou-se utensílio de previsão e juiz supremo de decisões. Já há muito que fazia parte da decoração habitual do laboratório,

mas sem grandes exigências de precisão. Lavoisier exigiu balanças que ainda não existiam e encarregou Mégnié e Fortin de as conceber e fabricar. Tornaram-se sensíveis a 5 miligramas para massas da ordem de 600 gramas. A de Fortin, por exemplo, construída em 1788 e paga por 600 libras (120000 Francos de 1993) podia atingir 10 Kg com precisão da ordem de 25 miligramas. Permitiu mais tarde à Comissão de Pesos e Medidas definir o quilograma (Bensaude-Vincent & Journet 1993, 49). Tais instrumentos eram caros e só a fortuna pessoal de Lavoisier permitiu que a investigação fosse conduzida com tais exigências. As balanças são uns, entre dezenas de outros aparelhos fabricados especificamente, requeridos pelo desenvolvimento da química quantitativa.

A precisão dos instrumentos tornou-se fundamental e sobre ela repousa o método de Lavoisier. Os investimentos em equipamento para o seu laboratório são conhecidos com precisão pois os seus bens foram confiscados e inventariados (Bensaude-Vincent & Journet 1993, 50).

O canto de vitória dos antiflogistas aconteceu com o golpe de força sobre o conjunto do sistema traduzido pela Reforma da Nomenclatura, em 1787. Antes desta reforma reinava uma grande confusão na designação das substâncias químicas. Os nomes referiam-se por vezes ao local onde as substâncias se podiam encontrar ou outros. Empregava-se frequentemente o mesmo nome para designar corpos diferentes e variáveis para a mesma substância (o sulfato de potássio era designado por *panacea duplicata*, *panacea holsatica*, *arcanum duplicatum*, *sal duplicatum*, *arcanum holsteniense*, *tartarus vitriolus*, *nitrium vitrio-latum*, *sal polychrestum glaser*, *vitriolatum potassinatum*) (Santos & Costa 1992). Outros se tinham já tentado desembaraçar, sem sucesso, do léxico heteroclítico, construído no fio dos séculos e nas oficinas, e do qual se serviam os químicos para designar os produtos: *flor de enxofre*, *açafrão de marte, óleo de vitriílo*.

Em 1780, Guyton de Morveau, encarregado de dirigir o *Dictionnaire de Chimie de L'Encyclopédie Méthodique*, aproveitou a ocasião para elaborar um projecto de reforma: nomes simples para as substâncias simples, nomes compostos para as substâncias compostas, nomes arbitrários para os desconhecidos. Em 1787 foi a Paris submeter as suas ideias à Academia e, após discussões com Lavoisier, Berthollet e Fourcroy, confiou-lhes o conjunto do seu projecto. Para a nova terminologia, a partir de 1782, quatro homens começaram a encontrar-se regularmente no "arsenal" de Paris, o Laboratório Químico de Lavoisier, para aquilo a que Jaffe (1967) chama uma tarefa herculeana (*op. cit.*, 74). Em meses, os quatro, num empreendimento colectivo, produziram um léxico sistemático, que viria a ser apresentado à Academia e publicado em Maio de 1787, o *Méthode de nomenclature*, que se tornou o manifesto da nova Química, propagador das ideias lavoisianas (Bensaude-Vincent & Journet 1993, 60-61).

A Nomenclatura é um Programa. Os termos bizarros foram banidos para sempre. A secreta "terra foliata tartari de Muller" tornou-se potassa. Para a maior parte das substâncias conserva-se o nome original: cobre, ferro... Para outros, constrói-se um nome denotando a sua propriedade mais saliente: hidrogénio é a substância que "gera água", o oxigénio é a substância que "gera ácidos", o azoto é aquele "em que um ser vivo não pode viver" (do grego zoein=viver). Entre as substâncias simples encontra-se o calórico, o oxigénio, o hidrogénio, o azoto... O léxico dos corpos compostos obedece a um sistema: terminação em -eto para os sem oxigénio, em -ico ou em -oso para os ácidos, segundo o seu teor em oxigénio. Esta linguagem permanece a da Química actual e representa, como referem Santos & Costa (1992) "a parte mais visível da rotura com a tradição" e traduzindo "um novo entendimento da composição dos corpos".

A batalha final contra o flogisto foi ainda travada por Lavoisier, com a publicação do "Traité Élémentaire de Chimie" publicado em 1789, organizado em moldes diferentes dos tradicionais, reforçando a lógica que presidiu à nova nomenclatura e apresentando-se como uma reconstrução total da Química, das fundações ao tecto, segundo uma

"lógica natural" e apresentada como alternativa à definição de elemento-princípio (ideia da mudança de paradigma). Propõe-se a construção de um novo sistema químico.

Os escritos publicados antes dele eram praticamente ilegíveis e o que se fez foi escrevê-los numa nova ordem!

O "Traité" cuja primeira edição teve 2000 exemplares, foi, assim, um instrumento poderoso na difusão das novas teorias de Lavoisier e da nova nomenclatura química, com o objectivo do "ensino das noções elementares de Química". As noções apresentadas são as teorias do próprio Lavoisier, não sendo incluída qualquer secção histórica como era hábito nos anteriores tratados. "Ao pretender fazer tábua rasa do conhecimento anterior e ao reduzir o ensino da Química ao seu sistema, Lavoisier está a consubstanciar os seus propósitos de fundador desta disciplina" (Santos & Costa 1992). Os autores questionam se serão estes propósitos legítimos, mas a atitude é necessária para a mudança efectiva e revolucionária de paradigma, na qual "se substitui um sistema total de conceitos e regras por um novo sistema" (Thagard 1992, 6).

Assim se ergueu Lavoisier contra o passado: com a sua teoria da combustão e com a sua contribuição para o novo espírito químico. Para a demolição, passo a passo, da velha teoria contribuiu, sem dúvida, a série de experiências metodicamente conduzidas numa química baseada na medição e expressa numa nova linguagem (Chadeau 1993). Ele não foi, propriamente, nem o descobridor do oxigénio, nem o da natureza da água, que também se podem chamar Scheele, Priestley e Cavendish. Mas foi o principal artesão de uma revolução que em 1789, se consumou em França quando outra, política, começou.

À imagem da profusão de nomes para as substâncias químicas e da falta de critério para as designações dos que iam sendo descobertos, também nas vésperas da Revolução de 1789, existiam, em França, mais de 800 medidas diferentes, símbolos de desigualdade e de arbítrio (Andrade 1995). O princípio da igualdade saído da Revolução Francesa veio também estender-se aos pesos e medidas pela unificação do sistema de medidas

(Donovan & Journet 1993) consequência imediata e natural das alterações profundas já empreendidas.

C.3 - Contestação e aceitação da nova teoria: Papel da Academia, discussão científica, publicação e divulgação

C.3.1 - Adversários e Apoiantes

Rapidamente os cientistas franceses começaram a rodear Lavoisier: Fourcroy, De Mourveau, Berthollet e outros. Fora da França, a oposição ainda era forte, especialmente em Inglaterra onde Stevenson declarou: "Este arte-mágico tenta persuadir-nos que a água, o mais poderoso antiflogístico natural que possuímos é um composto de dois gases, um dos quais ultrapassa todas as outras substâncias na sua inflamabilidade". Cavendish, que também tinha decomposto a água, nunca aceitou a nova explicação. Em 1803 Priestley escreveu da Pensilvânia: "Eu acredito que a Revolução Política será mais estável que a Revolução Química".

Apesar de muitas oposições e contrariedades as ideias de Lavoisier prevaleceram. O Professor Thomas Hope, da Universiadde de Edimbourg, foi o primeiro a adoptar a nova nomenclatura nas suas lições públicas (Jaffe 1967, 75). Em Edimbourg, Black aceitou a sua explicação e passou-a aos seus estudantes. Itália e Holanda puseram-se em linha ao mesmo tempo. Da Suécia, Bergman escreveu a Lavoisier a oferecer o seu apoio. A Academia de Berlim adoptou as ideias de Lavoisier em 1792. A Rússia inaugurou o novo sistema com Lomonosov (Jaffe 1967).

Lavoisier ousara pôr em causa a teoria do flogisto, baseando-se numa explicação totalmente diferente dos fenómenos de combustão e calcinação (Amorim da Costa 1986). Para a implementação da teoria contribuíram as necessárias publicações e a divulgação que Lavoisier não descuidou, que conduziram à discussão (troca de

informação, de ideias e de experiências), divulgação, aceitação ou rejeição (oposição) da nova teoria.

Nesta época as academias eram o centro da actividade científica e o lugar privilegiado para a difusão do conhecimento. Nas suas reuniões se anunciavam e discutiam quase todas as descobertas científicas, fomentava o trabalho em equipa e uma discussão pluridisciplinar. Lavoisier foi eleito membro da Academia das Ciências de Paris em 1768, com 25 anos (Santos & Costa 1992).

Em 1774 apresentava na Academia das Ciências de Paris uma memória sobre a calcinação do estanho em vaso fechado. Posto a par dos trabalhos de Priestley, Lavoisier manteve com ele longas conversações sobre o assunto, nomeadamente aquando da visita de Priestley ao seu laboratório. Lavoisier interessou-se sobretudo pelo gás que o inglês observava libertar-se durante o aquecimento do óxido de mercúrio, e que, por fidelidade à teoria do flogisto, identificou como ar desflogisticado, que avivava a chama de uma vela e que aumentava o tempo de vida das cobaias que o respiravam.

Em 1776, Guyton de Morveau, em Memória publicada no Journal de Physique, tentava uma conciliação dos princípios de Stahl com as experiências modernas do ar fixo; idêntica tentativa transparecia no artigo de Macquer sobre o flogisto, publicado em 1778 do *Dictionnaire de Chimie*. Em 1777, Lavoisier apresenta a Memória sobre a combustão em geral em que afirma que o corpo que arde aumenta de peso exactamente na proporção da quantidade de ar puro destruído ou decomposto. Nesse mesmo ano, Scheele publicara o seu *Tratado do Ar e do Fogo*, defendendo acerrimamente a teoria do flogisto e ignorando as teorias de Lavoisier.

Ainda em 1778 Macquer defende que a água é uma substância simples, inalterável e indestrutível. Em 1781 Priestley nota que a combustão do hidrogénio em oxigénio leva à formação de água. De novo Lavoisier explica estes fenómenos com base na teoria que vinha desenvolvendo.

Já em 1783 Lavoisier apresentara na Academia uma nova memória intitulada Reflexões sobre o flogisto, para servirem de continuação à Teoria da Combustão e da

Calcinação, contrapondo à velha teoria a sua ideia da influência do ar nas combustões. Lavoisier propagou as suas ideias e as da nova nomenclatura no novo periódico *Annales de Chymie*, já que o *Observations sur la Physique, sur l'Histoire Naturelle et sur les Arts*, dificultava a publicação de artigos provenientes dos apoiantes da nova teoria.

Como referem Santos & Costa (1992) "um sistema coerente terá sempre que enfrentar o poderoso obstáculo da tradição" e Lavoisier pôs como uma das suas prioridades "convencer os seus contemporâneos da superioridade do seu sistema".

Se a maioria dos adeptos da teoria do flogisto viria a converter-se às novas teorias de Lavoisier, muitos outros, e alguns de renome, como Cavendish e Priestley, não renegariam nunca a teoria que haviam professado. Os primeiros a aderirem ao novo sistema foram os seus colegas de Academia, Laplace e Monge (1746-1818) que não pertencendo à secção de Química estavam mais abertos à nova visão conceptual e à justificação dos seus argumentos. O próprio Lavoisiser estava bem ciente da dificuldade da aceitação da sua teoria: "Je ne m'attends pas que mes idées soient adoptées tout dans coup" (Oeuvres II, 655). Os próprios contemporâneos e companheiros, Berthollet (1748-1822), Fourcroy (1755-1809) e Guyton de Morveau (1737-1816) tiveram dificuldade em aceitar a nova teoria do oxigénio. Mas, na realidade, Lavoisier estava convicto que a reforma metodológica da Química e a revolução teórica por si enunciada, unidas por um espírito de investigação de rigor, precisão de linguagem e unificação explicativa, seriam mais facilmente propagadas e aceites pelos novos cientistas. Aliás, uma revolução científica implica que o corpo de conhecimentos e a prática deles sejam aceites e influenciem uma comunidade científica (Santos & Costa 1992).

E porque "a nomenclatura é um espelho fiel dos factos e das ideias que deles temos", em colaboração com Fourcroy, Bertholet e Guyton de Morveau, publicam em 1787 o "Método de Nomenclatura Química", que em muito, e talvez em definitivo, contribuiu para a divulgação e aceitação da nova teoria. As substâncias químicas foram classificadas em cinco secções, conjuntamente com algumas regras de notação e

denominação: substâncias simples, bases, acidificáveis, substâncias metálicas, terras e alcalis.

Em 1789 é publicado o "Traité Elementaire de Chimie", organizando as experiências e a teoria já relatadas nas anteriores Memórias públicas e marcando a separação definitiva entre a Química do flogisto de Stahl e a Química do oxigénio, exposta numa linguagem clara e nova. Pela primeira vez um livro de texto falava a linguagem das pessoas, afastando a Química da mística e do obscurantismo, e deixando o seu conhecimento para quem o quisesse aprender.

Em Coimbra, com Rodrigues Sobral (1759-1828) e Vicente Coelho de Seabra (1764-1804) o Laboratório Químico da Universidade, criado pela Reforma Pombalina de 1772, foi um dos baluartes de vanguarda da Química do oxigénio.

Em 1791 Lavoisier escreve: "Toda a juventude aceita a minha nova teoria, e por isso concluo que a revolução em química está feita" (Amorim da Costa 1986, 154).

C.3.2 - Da consolidação às implicações da Revolução Química.

Lavoisier e os seus colaboradores deslocaram o mundo científico.

Com o trabalho de Lavoisier, a Química tornou-se uma ciência madura. A sua noção de elementos químicos como substâncias simples irredutíveis é ainda aquela que se mantém, embora ultrapassem em muitos os 33 que então enumerou, e alguns ajustes tenham sido feitos. Lavoisier suspeitou já que as "terras" eram óxidos de elementos metálicos que ele não podia isolar e os radicais puseram-lhe um problema sério. Davy, já no século XIX, mostrou que o ácido muriático é um composto do hidrogénio e cloro - o primeiro ácido conhecido que não continha oxigénio. O radical muriático de Lavoisier é cloro. O flúor elementar não foi preparado até 1886. A luz e o calor mantiveram-se profundos mistérios para Lavoisier e assim permaneceram durante décadas. O número de elementos químicos conhecidos aumentou rapidamente (Glashow 1994, 190).

Na véspera da Revolução, a França é uma das nações onde se faz a ciência mundial (Dhombres 1989). A ciência não é apenas conhecimento da natureza. É também movimento e força na sociedade e sente-se no plano político e económico. Lavoisier foi *Fermier-Général et Régisseur des Poudres*, ao mesmo tempo que fazia parte do triunvirato soberano dos conselhos da Academia das Ciências. As outras duas vozes da academia eram a do *Secrétaire Perpétuel*, Condorcet, e de Vicq d'Azir, *Sécrétaire Perpétuel de la Société Royale de Médecine*, sendo Turgot o *Contrôleur-Général* de 1774 a 1776 e cujo ministério é marcado pela ideia-força de salvar a monarquia com a ideia esclarecida do conhecimento, enquanto que a esperança de cada um dos três era que a Revolução realizaria o que o homem de estado esclarecido não pôde obter. Se cada um deles tinha um programa particular, todos se entendiam sobre o valor do contributo das ciências para o bem público.

Das esperanças postas nas ciências na véspera da Revolução e no espírito da época, as aplicações da ciência são concebidas como um estudo racional de visão enciclopédica das artes e ofícios, com o fim de conhecer os melhores meios de desenvolver técnicas novas a partir das últimas descobertas ou teorias. A primeira reacção dos *leaders* da comunidade científica à Revolução foi de aproveitar a oportunidade para criar o sistema métrico não somente para sua própria vantagem mas igualmente para o da sociedade. A ciência é pensada como um vector de racionalidade e de esclarecimento e inicia-se como instrumento de poder.

A Revolução, com a Declaração dos Direitos do Homem, existe pelos ideais que alimentou mas igualmente pelas mudanças concretas que trouxe, entre as quais a criação, por exemplo, de um sistema de educação pública. Das instituições criadas em França, segundo o modelo da República e um pouco pelo mundo, saíram os praticantes das disciplinas científicas. No sentido moderno, a ideia de uma disciplina implica ao mesmo tempo um conteúdo e especialistas. Dela veio o valor dado à exactidão de uma Física e de uma Biologia produzidas pela primeira geração da ciência verdadeiramente moderna. Dela igualmente o valor afecto à eficácia, não somente na ciência mas na

acção em geral, porque a eficácia foi o "leit motiv" da Revolução que inaugurou os tempos modernos (Gillispie 1989).

O ambiente científico em Paris nas últimas décadas do séc XVIII era inovador. No ano da publicação do "Traité Elementaire", Jussieu publica o "Genera Plantarum Secundum Ordines Naturales Disposita" em que sistematiza a imensa tarefa de classificação das plantações da Escola Botânica do *Jardin du Roi* e do *Trianon*, iniciada em 1710. Cuvier, na direcção do Museu desde 1793 toma a obra como modelo de um método de classificação natural, partindo de uma nova concepção do mundo e oposto ao de uma classificação arbitrária e artificial. Igualmente magistrais são os tratados de Mecânica Analítica de Lagrange (1788), que deixou o fausto da Academia de Berlim para se instalar em Paris, e a Mecânica Celeste (1799 a 1804) de Laplace, aquele que se tornaria a figura científica mais possante do período evocado.

Se na véspera da Revolução, a França é uma das nações onde se faz a ciência mundial, dez anos mais tarde, em 1800, e por vários decénios, Paris torna-se a capital científica do mundo. Para lá convergem os jovens europeus para aperfeiçoar a sua formação, com a possibilidade de discussões com Laplace, Legendre, Condorcet, Monge, Delambre e outros sábios prestigiados, todos portadores de ideias novas (Dhombres, 1989).

Paris, a cidade da filosofia das luzes, é a capital científica do mundo. "Accoucheurs des lois rationnelles de la Nature, les savants voient dans la connaissance de celles-ci étendue à tous un facteur de progrès de la civilisation tout entière et dans la Révolution qui éclate l'opportunité d'un nouvel ordre politique dans lequel la science, mise au service du bien public, guiderait l'action." (Gillispie 1989).

A Ciência, no seu sentido mais largo, é a dimensão cultural necessária à modernização, e ao mesmo tempo a causa dela. A França é o país em que a Revolução marcou uma linha de partição histórica entre as políticas moderna e tradicional. Foram muitos os contributos mútuos da Revolução e da Ciência, na época e nos dois séculos

que se seguiram. Em 1789 a comunidade científica mais desenvolvida do mundo vive em Paris (Gillispie 1989). Com a Academia Real das Ciências, o *Jardin du Roi* e o *Cabinet d'Histoire Naturelle* que lhe era adjunto, com o *Collège Royal de France* e o Observatório de Paris, nenhuma outra nação dispunha de um conjunto tão importante de instituições, sem contar que outras academias, Berlim ou Turim, conduziam os trabalhos em francês. Os nomes franceses estão à cabeça da ciência mundial nas duas gerações contemporâneas da Revolução. Torna-se evidente que ao longo dos vinte anos que se estendem da convocação dos Estados Gerais a Waterloo, é essencialmente nas ciências que a vitalidade da cultura francesa se manifesta. O ano de 1789 marca a revolução Química, assim chamada logo na época. Foi o ano da publicação do "Traité". Ao mesmo tempo síntese e obra fundadora (num sentido paradigmático), o livro generaliza uma metodologia - a medida exacta das quantidades supondo a conservação da matéria - pela qual o autor estabelece a **teoria moderna da combustão**, e funda, de facto, um programa de investigação científica. **Passou-se** de um "sistema" onde se misturavam tradições, saberes, manipulações e segredos artesanais para um modelo de ciência autêntica concebido como "uma língua bem feita". Para lá dos resultados, para lá do estabelecimento de uma nomenclatura exacta, os químicos ganharam uma visão de uma ciência tornada matemática, e simultaneamente de que uma teoria coerente supervisionaria a interpretação dos fenómenos.

Síntese

A substituição da teoria do flogisto pela teoria do oxigénio, é um exemplo de mudança conceptual radical. Em 1772, quando Lavoisier começou a formar as suas ideias, a teoria dominante em Química era a teoria do flogisto de Stahl (1730). Mesmo apesar e depois da confirmação da nova teoria, muitos cientistas mantiveram-se nas velhas formas.

Por volta de 1789, quando Lavoisier publicou o seu Tratado Elementar de Química a vasta maioria dos químicos tinham-se voltado para a teoria do oxigénio de Lavoisier que dava **uma explicação muito diferente dos fenómenos da combustão**, calcinação e respiração daquela que a do flogisto tinha providenciado. Enquanto que a teoria de Lavoisier referia que combustão, calcinação e respiração, todas envolviam a absorção de oxigénio, a teoria do flogisto mantinha que estes processos, todos, envolviam a remoção do flogisto. Descreveu-se a ruptura com estrutura conceptual do sistema de Stahl em estádios do seu desenvolvimento o que revela a natureza das mudanças necessárias para construir um novo sistema conceptual.

Esta alteração de paradigma terá sido uma das maiores de todos os tempos. Lavoisier explicou a combustão como oxidação (combinação química de um combustível com o oxigénio), identificou a água como um composto de hidrogénio e oxigénio, reconheceu o que são e não são elementos químicos e propôs a lei da conservação da massa (em consequência dos estudos sobre combustão).

No programa de experiências de Lavoisiser deveria seguir-se um estudo mais aprofundado sobre a respiração, mas a roleta rodou e ele não fez mais do que "l'ébancher par son dernier soupir" (Gillispie 1989). Com a idade de 50 anos foi decapitado por ser cobrador de impostos do *ancien régime*. Em resposta a pedidos de clemência terá ecoado a posição definitiva: "La République n'a pas besoin de savants". A 8 de Maio de 1794, imediatamente depois da execução do seu sogro, Lavoisier tomou a sua vez na guilhotina. De tal acto, diria o seu colega Legendre: "that it took but a moment to cut off Lavoisier'head, but a century might not suffice to produce its equal" (Thagard 1993, 197).

D - Novo Contributo para a interpretação das Reacções Químicas

Não nos vamos demorar, como em pontos anteriores, com a nova profunda mudança de alteração de teoria na Química e no pensamento químico uma vez que, do ponto de vista da planificação didáctica epistemologicamente fundamentada que apresentamos, e no âmbito do trabalho de investigação conduzido, estes se centram na mudança anterior já analisada (ponto anterior). Contudo, cremos ficar mais completo e tornar-se assim mais útil e válido, quer do ponto de vista da dimensão histórica e epistemológica quer do ponto de vista científico, no sentido da formação de professores e no âmbito do trabalho apresentado.

Opta-se por fazer curta apresentação de aspectos que contribuíram mais significativamente para alterar a forma de compreender o conjunto do pensamento químico até à versão próxima da actual. Constituiria outro trabalho, diverso do presente, dar conta mais pormenorizada dessa alteração de paradigma. Interessa-nos, o conjunto de princípios que constitui a teoria que suporta a interpretação das reacções químicas e de aspectos da combustão em particular.

D.1 - A teoria atómico-molecular da matéria como um novo paradigma

O conhecimento amplo acerca dos fenómenos químicos é baseado na teoria atómica da matéria. É actualmente uma teoria notável pela detalhada precisão com que descreve o nosso mundo físico (Mahan 1984).

Já vai longínquo o "atomismo" grego dos anos 400 a. C.. Tal átomo veio da ideia de indestrutibilidade da matéria associada à observação de múltiplas transformações. O maior número de questões sem resposta do que aquelas que tal hipótese permitiu responder, conduziu ao seu abandono por volta do ano 40 a.C. e por praticamente 2000 anos.

Em 1804 Dalton (1766-1844) avançou uma nova hipótese atómica que identifica os corpos simples com os átomos mas que "não é um herdeiro dos átomos antigos, nem

dos corpúsculos newtonianos" (Bensaude-Vincent & Stengers 1996, 164) porque é inventado e explorado, como referem os autores, noutro contexto.

"Admitindo, como Lavoisier que os gases são formados de corpúsculos que se repelem sob a acção do calórico, Dalton parece ter chegado à conclusão que é necessário diferenciar os corpúsculos ou átomos dos gases não apenas pelo tamanho ou forma mas também pelo peso" (*op. cit.*, 164). Em 1802 Proust formula a lei das proporções definidas e Dalton usa-a como base de uma nova hipótese atómica, sugerindo que as combinações químicas se fazem por unidades discretas, átomo por átomo, e que os átomos de cada elemento são idênticos. A versão mais primitiva da hipótese atómica pode assim ser referida como sendo a matéria constituída por unidades mínimas de combinação. "O peso atómico vem em boa altura ajudar a tarefa com que se confrontam os químicos: caracterizar, nomear, escrever e classificar uma população sempre crescente de substâncias simples e compostas" (*op. cit.*, 168). Mas as opiniões sobre a teoria de Dalton não eram unânimes. Muitos químicos não precisavam dela para as suas explicações e mantinham-se fieis a um corpuscularismo do século anterior.

Berzelius inicia pelo ano de 1818 um programa de correcção dos pesos atómicos e assiste-se a uma reformulação de símbolos e notações caminhando para a escrita que ainda está em uso. Com Avogadro (1778 - 1856) caminha-se para uma melhor distinção entre átomo e molécula, "sendo o primeiro o actor da combinação e a segunda o sujeito da reacção" e com tal distinção estão estabelecidas as bases essenciais da teoria atómica na Química. (*op. cit.*, 173) e os químicos puderam pensar em edifícios moleculares formados pela união entre átomos.

Com alguma semelhança com a revolução química já reflectida, em 1860, Kekule e Wurtz organizam em Karlsruhe o que pode ser considerado o primeiro congresso internacional de Química com o objectivo de "terminar com as profundas divergências sobre as palavras e os símbolos, que dificultam a comunicação e a discussão, recursos essenciais para o progresso científico" (*op. cit.*, 195). Mas a discussão não levou a

acordo sobre o entendimento das definições dos conceitos de átomo, molécula e equivalente. Cannizzaro (1826 - 1910) valoriza a distinção entre átomo e molécula com base no sistema de pesos atómicos como Wurtz define no seu dicionário de Química: átomo é "a mais pequena massa capaz de existir em combinação" e molécula é "a mais pequena quantidade capaz de existir no estado livre". O Congresso foi também o ponto de arranque para a classificação periódica que permitiu classificar todos os elementos conhecidos e prever outros (Mendeleev 1899) e conduziu a uma necessidade de clarificação do conceito de elemento e de corpo simples, que algumas vezes se usavam indistintamente. "Corpo simples é qualquer coisa de material, dotada de propriedades físicas e químicas" e reserva-se o nome de elemento para caracterizar as partículas materiais que formam os corpos simples e compostos e que determinam o modo como se comportam do ponto de vista físico e químico (*op. cit.*, 198-199). Está preparada a nova reorganização conceptual da Química.

Bensaude -Vincent & Stengers (1996, 199) referem que "Mendeleev substitui o programa de Lavoisier que prescrevia o vaivém entre corpo simples e composto, pelo vaivém entre elemento e corpo simples ou composto". Para Mendeleev a individualidade dos elementos é um aspecto fundamental. Já no final da sua vida negava-se a abandonar a ideia de individualidade dos elementos quando da descoberta da radioactividade e do electrão, como outros se tinham negado a abandonar o seu flogisto. Com as teorias electrónicas do século XX, a própria classificação periódica passou a ser uma expressão da estrutura electrónica dos átomos e a Química restabelece-se em novas bases e se compreendem-se as reacções químicas na base dos rearranjos de átomos de umas substâncias para formar novas substâncias e a conservação da massa é um imperativo da estrutura da matéria, e já muito afastada das polémicas controvérsias do século XVIII.

D.2 - A reacção de combustão

Resultado da intuição e confirmado pela experimentação conduzida pelo cientista francês e seus colaboradores, no século XVIII, uma nova teoria da combustão foi estabelecida. A combustão, para Lavoisier, é a união de uma substância combustível com o gás oxigénio. O produto formado durante a combustão pesa mais do que a substância original, e tal aumento de massa é igual ao da parcela do ar que se combina com o corpo combustível. Nem o flogisto misterioso nem o subtil calórico são, a partir dos seus resultados, necessários para a interpretação do fenómeno da combustão (Jaffe 1967).

A repetição da experiência de Cavendish sobre a decomposição da água, levada a cabo por Lavoisier, conduziu-o a interpretá-la, igualmente do ponto de vista da sua nova teoria da combustão, encerrando, afinal, o princípio da conservação da massa que conduzira as investigações experimentais de Lavoisier. Tais aspectos já antes tinham sido esboçados, mas nunca tão conclusivamente elevados à categoria de teoria explicativa da matéria e suas transformações.

O oxigénio, na sequência dos estudos realizados no Laboratório de Lavoisier, apesar de não ter sido a primeira vez que foi isolado, ficou identificado e melhor compreendido do ponto de vista das suas propriedades químicas. Responsável pelo aumento de massa que parecia ocorrer nas reacções de combustão descritas e realizadas, foi, então, sempre identificado como reagente em tais reacções. Daí a identificação da **combustão** com **oxidação**. O termo oxidação passou a fazer parte do uso químico desde o tempo de Lavoisier (Stewart 1964).

Durante um período de cerca de dois séculos, vários diferentes conceitos encerrou o termo oxidação: Transferência de oxigénio, transferência de hidrogénio, transferência de electrões. Na última situação ligou-se-lhe o termo redução, até ao presente (Stewart 1964, 1). A ligação comum entre agentes oxidantes é o facto de que todos tendem a produzir, apesar da diversidade química das reacções assim identificadas, a mesma

alteração em compostos do tipo oposto, isto é, aqueles a que chamamos agentes redutores.

Apesar de o conceito de oxidação-redução incluir o de combustão, aquele, é de tal modo inclusivo de muitas diferentes reacções químicas, que, para estudar a combustão, de forma mais incisiva, como aspecto de especialização para o fim pretendido, de compreender, no tempo presente, a reacção que Lavoisier interpretou com recurso à sua intuição teórica e à balança, convém tratar, isolando, aspectos que lhe são peculiares e a identificam na sua especificidade (mas que ultrapassam o âmbito deste estudo).

Ficar-nos-á, como conclusão, que o conceito recente de combustão avança que se trata, do ponto de vista termodinâmico, de uma reacção química exotérmica, praticamente sempre entre dois gases susceptíveis de reagirem, de forma expontânea e, em termos cinéticos, com necessidade, a maior parte das vezes, de ser desencadeada com recurso a uma chama, faísca ou corpo quente. Propaga-se sob a forma de uma onda esférica centrada sobre o ponto de ignição (segundo a normal à superfície) com uma velocidade normal bem definida, se as condições o forem elas próprias (Pruvot 1972, 88).

5.4. Articulação com o Programa - Dos Princípios Orientadores às Indicações Metodológicas para o Tema Escolhido

O Programa em vigor (1995) confere legalidade à proposta que se pretende pôr em prática em sala de aula de 8° ano (de outro modo seria, inclusivamente, redobrada a dificuldade de encontrar colaboradores dispostos a pôr em prática as nossas sugestões).

Mas a proposta ultrapassa, pela sua própria justificação de existir, os Objectivos e, em particular, as limitadas Indicações Metodológicas apresentadas pelo Documento Oficial.

É a constatação da situação do ensino (igualmente encontrado, de forma particular no que diz respeito ao tratamento do assunto "conservação da massa nas reacções químicas", na investigação por nós conduzida - Fase 1) que implicaria uma mudança nas práticas: "o ensino destas duas ciências (Física e Química) mesmo nos níveis de iniciação, tem-se revestido de características académicas, estando subjacente à selecção de conteúdos programáticos uma matriz baseada na estrutura dos conhecimentos científicos a ensinar" (Programa 1995, 7), "este tipo de ensino tem vindo a traduzir-se numa subestimação (e mesmo inexistência frequente) da vertente experimental (...), tem sido patente a ausência de relação entre os conhecimentos científicos e a vida quotidiana e, até, entre aqueles e os aspectos tecnológicos que mais directamente se lhe poderiam associar". Mais à frente pode ler-se: "Se tais características hipoteticamente poderiam ser de pouca importância num ensino não obrigatório, como até há pouco, não se justificam numa escolaridade básica, com a qual se pretende uma formação global e geral para todos os jovens". Em relação à perspectiva de ensino-aprendizagem, está escrito no texto do Ministério da Educação: "as perspectivas no ensino e aprendizagem da Física e da Química, decorrentes da investigação educacional no domínio das ciências físicas, têm evoluído na direcção de uma abordagem destas ciências num contexto social e tecnológico, tendo em conta a construção individual do conhecimento pelos alunos.". "os autores do programa pensam, no entanto que é necessária uma mudança de atitude no ensino da Física e da Química. (...), consideram vital que ele possa conter possibilidades de inovação para professores e que se revele estimulante para alunos".

Faltando, embora, a consideração explícita de outras vertentes que a investigação educacional igualmente tem vindo a apontar como caminhos a considerar, nomeadamente o uso da História da Ciência no ensino como estratégia potencializadora do desenvolvimento de imagens consistentes sobre a Ciência, pode considerar-se o Programa como apelador de um ensino inovador balizado pelas investigações

educacionais no domínio da Didáctica específica das Ciências, Física e Química, pelo que, propostas de planificação consonantes com perspectivas epistemologicamente fundamentadas são claramente admitidas e incentivadas pelo Documento oficial orientador da prática dos professores.

Reforça-se ainda a ideia que orienta esta investigação de que faltam sugestões didácticas articuladas com a investigação educacional já disponível e faltam, principalmente (o que neste estudo se propõe), a formação e implicação dos professores nos processos de inovação e mudança.

No âmbito do Programa, a planificação apresentada contribui, entre outras particulares, para atingir, principalmente, as seguintes **Finalidades** aí enunciadas:

".Familiarizar os jovens com os métodos, processos de trabalho e formas de pensar em Física e Química, bem como o tratamento adequado da informação em geral

(...)

. Contribuir para a reflexão sobre a inter-relação Ciência, Tecnologia e Sociedade e para o reconhecimento da Física e da Química como ramos do conhecimento em desenvolvimento permanente e inacabado

. Incentivar a realização pessoal mediante o desenvolvimento de atitudes de autonomia, rigor, objectividade, tolerância, cooperação e solidariedade." (ibidem, 10)

Quanto aos **Objectivos Gerais**, relativamente aos definidos no Programa, consideram-se os seguintes:

". Adquirir saberes básicos sobre a forma como a Física e a Química interpretam o mundo físico.

. Adquirir procedimentos e métodos inerentes à forma como a Física e a Química analisam e estudam os fenómenos e situações.

. Adquirir saberes e práticas que lhes permitam lidar com situações quotidianas que envolvam conhecimentos científicos ou produtos tecnológicos.

. Adquirir competências e práticas de recolha, selecção, interpretação, organização e apresentação da informação, visando simultaneamente o domínio da língua materna.

. Desenvolver atitudes de persistência, rigor, gosto pela pesquisa, autonomia, cooperação e respeito pelos outros

. Conhecer e analisar criticamente implicações da Ciência e da Tecnologia na Sociedade actual." (*ibidem*, 11, 12)

No que diz respeito a **conteúdos** insere-se na Unidade temática 2: "Substâncias químicas: o que são e o que se faz com elas". Trata-se de um assunto central para a compreensão da Química como ciência, com passado e com futuro. Embuida de forte componente histórica, é o início do estudo das reacções químicas, da nomenclatura da química, da constituição da matéria e do estudo das teorias que permitem a interpretação das reacções químicas.

No Programa as indicações vão para um início pelo conceito de reacção química (formas e agentes que provocam reacções químicas), passa-se à teoria corpuscular da matéria, e em seguida à lei da conservação da massa interpretada em termos de conservação do número de átomos, justificando assim o acertar das equações químicas. "Prossegue-se o estudo das reacções químicas investigando a sua velocidade, interpretada em termos de colisões entre corpúsculos". Sobre a unidade temática termina-se, nesta secção do Programa dizendo: "Em toda a unidade se exploram as implicações da Química em múltiplos domínios, para além do interesse científico por si mesmo" (*ibidem*, 17).

Existe alguma confusão metodológica na apresentação que é feita da unidade temática. Assim surge um percurso que se entende da forma já exposta e coincidente com as indicações da II parte do Programa (Organização do Ensino Aprendizagem) mas

que deixa alguma dúvida, porquanto no último parágrafo se refere "Nesta unidade temática, inicia-se também o estudo das reacções químicas, começando por reconhecer a conservação da massa, interpretada em termos de conservação do número de átomos; justifica-se assim o acertar de equações, ilustrado em vários exemplos simples." (o sublinhado é nosso). Esta situação corresponderia a outra abordagem em que se poderia privilegiar um percurso valorizador da História da Ciência e daí se poder tirar partido em termos de exploração de múltiplos domínios que permitem aproximar o ensino de um percurso de trabalho científico, compreendendo problemas e controvérsias inerentes ao processo do desenvolvimento da ciência, que valoriza a dimensão humana e social da construção do conhecimento? A proposta que parece ser a do Programa facilmente deixa cair o ensino da Química numa sobrevalorização "da exposição académica dos assuntos científicos" que pretende teoricamente refutar (*ibidem*, 5) .

No Programa (*ibidem*, 56 e 57) para o assunto "2.3. Transformações de substâncias em relação com a sua constituição. 2.3.1. Investigando acerca da massa nas reacções químicas. a) Conservação da massa. b) Reacções químicas como rearranjos de átomo. c) Fundamento da escrita de equações químicas. 2.3.2. Investigando acerca da temperatura nas reacções químicas. a) Variações de temperatura e interpretação corpuscular. b) Reacções como fontes de calor." é notória a apresentação numa estrutura e sequência puramente académica, em que não se relacionam aspectos profundamente entrosados nas suas raízes históricas, sociais e tecnológicas como a questão da investigação acerca da massa nas reacções químicas e as reacções como fontes de calor. Aliás tal afirmação pode ser sustentada pelos objectivos aí definidos: "11. Investigar acerca da massa nas reacções químicas na perspectiva da escrita de equações químicas (...) 12. Investigar acerca da temperatura nas reacções químicas em relação com os movimentos corpusculares." que se apresentam num academicismo muito redutor.

Assim sendo, quanto ao percurso metodológico apontado no Texto Oficial, tomamo-lo como não passando de "Sugestões metodológicas", como é encimado na terceira coluna da "Organização do Ensino", mas não as seguimos.

Conclui-se pela necessidade da rescrita do Programa pelo professor, aquando ou após da preparação científica e epistemológica da matéria a ensinar, conducente a uma fundamentação das decisões da perspectiva de abordagem. Por vezes é possível restruturar o Programa, sem alterar consideravelmente o seu conjunto. Acaba por ser possível considerar vários objectivos e assuntos indicados, rearticulando-os, eventualmente mais em consonância com os Princípios Orientadores inicialmente apresentados no Documento programático.

Esta leitura e rescrita do Programa, que o próprio documento legitima, faz parte do papel activo de ser Professor.

5.5. - Pré-requisitos e Concepções Alternativas sobre o tema

Consideramos a abundante literatura publicada sobre concepções alternativas (CA), nomeadamente no âmbito da temática abordada "Reacções Químicas-Conservação da Massa" (Hesse & Anderson 1992; Martins 1989; Cruz & Martins 1994; Yarroch 1985; Abraham *et al.* 1994; Garnett *et al.* 1992; Ben-Zvi *et al.* 1987; Garnett *et al.* 1995; Anderson 1986; Lee *et al.* 1993; Driver 1985; Meheut *et al.* 1985; Oñorbe de Torre & Sanchez Jiménez 1992...). Na preparação da planificação consideraram-se os conceitos científicos e as CA relativas ao tema e mais frequentemente apontadas por tais investigadores: Reacção química, constituição da matéria/teoria cinético-corpuscular, massa, combustão, conservação da massa, equação de reacção química, considerando os

conceitos que são pré-requisitos e aqueles que, de novo, o estudo do assunto seleccionado introduz.

É um aspecto importante a ter em conta na preparação do assunto, aquando da planificação, conforme o modelo concebido (ponto 5.2.) e discutido com as professoras-colaboradoras durante a formação.

Para cada um dos conceitos apresenta-se o conceito científico considerado adequado ao nível dos alunos (12-14 anos) e em seguida, de forma sistematizada, as CA mais frequentemente identificadas em tais níveis etários, a ter presentes no ensino, por poderem originar dificuldades de aprendizagem nos alunos.

- Conceitos pré-requisitos:

A- Reacção Química

Uma reacção química é uma transformação de uma substância ou substâncias noutra(s) substância(s) diferente(s) (não uma forma diferente da substância original).

Os alunos devem conhecer propriedades físicas e químicas das substâncias envolvidas e algumas teorias químicas básicas, a mais importante das quais é a teoria cinético-corpuscular da matéria.

Concepções Alternativas:

1 - Tendência para tratar as reacções químicas como transformações físicas de forma ou de estado, na ideia de que o processo de transformação não envolve qualquer modificação das unidades estruturais dos reagentes.

2 - Dificuldade na compreensão do papel dos reagentes e produtos da reacção invisíveis (gasosos) nas reacções.

3 - Separação material entre reagentes e produtos - ausência/ dificuldade na compreensão do conceito de sistema químico.

4 - Ideia da existência de um reagente principal, considerando que numa reacção química um dos reagentes desempenha papel mais importante que outro. Reforçada pela

insistência no uso da expressão "reacção de A com B" em vez de "reacção entre A e B (ou entre B e A)" e pela escrita dos reagentes nas equações das reacções químicas sempre pela mesma ordem.

5 - Não existe articulação entre a visão estrutural e a visão energética. Abordagem do sistema de modo compartimentado. O processo de variação de energia é abordado numa perspectiva unilateral que envolve apenas um dos subsistemas, reagentes ou produtos da reacção. Consideram a energia como reagente ou como produto da reacção numa ideia de substancialização da energia. É sentida dificuldade na compreensão do conceito de reacções endotérmicas e espontâneas ou exotérmicas com necessidade de serem iniciadas exteriormente (a maioria das combustões, p.ex.).

6- Ideia de que o(s) produto(s) da reacção existe(m) "dentro" dos reagentes e durante a reacção química apenas se liberta(m) - ideia de conservação da substância. A formação dos produtos da reacção ocorre depois da destruição das unidades estruturais dos reagentes numa ideia de sequencialidade.

B - Teoria cinético-corpuscular da matéria

Toda a matéria é constituída por pequenas partículas, com espaços livres entre elas e que estão em constante movimento. Conceitos associados: Átomos, Moléculas, iões...

Concepções Alternativas:

1 - Átomos e moléculas não são as entidades explicativas no conhecimento químico.

2 - As moléculas estão nas substâncias e que há alguma coisa entre as moléculas.

3 - Atribuem propriedades, como cor e estados da matéria, que só existem a nível macroscópico, a átomos e moléculas individuais. Por exemplo átomos de ouro são dourados e as moléculas de água líquida são líquidas. As moléculas têm as mesmas propriedades e sofrem as mesmas transformações que as substâncias observáveis.

4 - A ideia de que as moléculas estão em constante movimento é contra-intuitivo para muitos estudantes por contradizer as suas observações sensoriais. A ausência de movimento parece evidente em muitas substâncias e além disso, na experiência sensorial, os objectos em movimento abrandam e param.

C - Massa

Quantidade de matéria de um corpo determinada com a balança (pesagem) relacionada com a quantidade e qualidade das partículas que formam o corpo considerado.

Concepções Alternativas:

1 - Algo que se "vê" e "se toca".

2 - Confundem com peso ou "gravidade de um corpo".

3 - A níveis mais elevados reduz-se ao uso de linguagem matemática sem significado físico: $m = P/g$ ou $m = V\ d$.

- Conceitos Novos:

A - Combustão

Reacção química que ocorre entre um material combustível e (quase sempre) o oxigénio, exotérmica e expontânea.

Concepções alternativas:

1 - O oxigénio do ar é necessário mas a sua função não é clara; pode ser visto como também ardendo na combustão.

2 - Os materiais tornam-se mais leves quando ardem.

3 - A combustão liberta o fumo; partes do material são deitadas fora como fumo.

4 - As substâncias são conservadas apesar da transformação na aparência. Ideia de que não ocorre reacção química reforçada por expressões como "lã ardida" ou "ferro

enferrujado". E assim "a lã deve pesar o mesmo antes e depois de arder porque a cinza já está na lã e ardida não tem diferença" ou "a ferrujem é ferro que foi transformado".

5 - Não consideram as fronteiras apropriadas do sistema no caso de existirem produtos não visíveis.

6- Uma combustão é por vezes considerada uma reacção física porque se está a queimar matéria e não reagentes químicos (o que sugere uma ideia alternativa para reagente químico!)

7 - A modificação das propriedades no decurso da combustão não resulta das interacções entre as várias substâncias mas da transformação em separado de cada uma das substâncias que compõem o objecto. Por exemplo: "A água já está na madeira antes de arder", ou seja, um objecto/material é composto por várias substâncias justapostas que, como resultado da combustão, se podem separar de modo a sofrerem transformação.

B - Conservação da massa nas reacções químicas

A quantidade total de massa numa transformação química permanece constante durante a transformação e funciona como premissa para todas as transformações químicas.

É necessário comparar a massa combinada de todos os reagentes com a massa combinada de todos os produtos da reacção.

O número e espécie de átomos que estão presentes no início da reacção devem estar presentes nos produtos - conservação do número de átomos.

Concepções alternativas:

1 - Não conseguem prever ou explicar as mudanças de massa nas reacções químicas quando reagentes ou produtos são gasosos. Nas combustões, por exemplo, o oxigénio (ar) é necessário mas a sua função não é clara; pode ser visto como também ardendo na combustão

2 - A aparência transforma-se mas a substância e a massa são conservadas. "A ferrugem é ferro transformado".

3 - Na combustão, como consideram que a transformação sofrida pela matéria é muito maior que nas dissoluções, por exemplo, admite-se com mais facilidade o desaparecimento de massa.

C - Equação de Reacção Química

É uma representação simbólica da reacção química. As equações das reacções químicas incorporam símbolos abstractos na explicação em química. Os coeficientes na equação da reacção química asseguram que cada lado da equação acertada contém o mesmo número e espécie de átomos.

A falta de capacidade para acertar as equações das reacções químicas é severamente limitada pela falta de compreensão da natureza corpuscular da matéria e pela incapacidade de visualizar o processo dinâmico de uma reacção química num nível particular. Tal também limita o sucesso na resolução de cálculos estequiométricos particularmente quando não são de natureza rotineira.

Um melhor nível de compreensão incorpora a utilidade dos símbolos abstractos.

As dificuldades na compreensão do conceito de reacção química arrastam dificuldades na compreensão e utilização de escrita de equações que a representem simbolicamente.

Concepções alternativas:

1 - Os alunos ignoram as leis e teorias que dão significado aos símbolos.

2 - Transformam a escrita de equações num jogo matemático dos símbolos a somar dos dois lados de um imaginário sinal de igual.

3 - Os alunos focam a atenção nas substâncias elementares que conhecem e não nos átomos combinados. Por exemplo, em Fe_2O_3 ignoram a proporção de combinação e

referem 1:2, como se se tratasse de ferro elementar e gás oxigénio ou referem que se precisa de muito mais oxigénio do que ferro.

4 - Os coeficientes são o número atómico e pode-se acertar o seu número ou os coeficientes referem níveis de energia dos protões.

5 - Os alunos vêem o acerto de equações químicas como "simples" problemas de estequiometria.

6 - Não é dada atenção ao nível submicroscópico - falta de compreensão no diferente uso de índices subscritos e dos coeficientes das equações das reacções químicas. Muitas vezes os alunos não olham para o significado dos índices e coeficientes e resolvem o problema rotineiro mas falta-lhes a compreensão conceptual da natureza da matéria e das mudanças representadas pelas equações químicas. Compreensão estática das equações das reacções químicas e das próprias reacções químicas.

7 - Não compreendem o significado de uma espécie estar em excesso.

8 - Os índices subscritos nas fórmulas são números para mecanicamente acertar as equações e não representam agrupamentos de átomos.

9 - Os coeficientes das equações químicas são números usados para mecanicamente acertar as equações e não representam os números relativos das espécies que reagem ou que são produzidas nas reacções químicas.

10 - As equações das reacções químicas não representam as reacções químicas num nível particular. Não representam processos dinâmicos nos quais as partículas/moléculas reagem umas com as outras para produzir novas partículas/moléculas por rearranjo de átomos.

11 - Os alunos compreendem pouco das implicações químicas das equações. São, por exemplo, incapazes de representar em diagrama as equações e o correspondente fraco entendimento da função dos coeficientes e índices subscritos tal como o fraco entendimento das leis empíricas que governam o uso destes conceitos no acerto de equações químicas.

12 - Os alunos falham a incorporar conhecimento implícito nos conceitos e leis empíricas nos seus diagramas e equações. O acerto de equações de reacções químicas não passa de manipulação matemática dos símbolos.

5.6 - Sugestão de um Percurso de Desenvolvimento na Sala de Aula

No ponto anterior do Programa "2.2. Como são constituídas as substâncias" foram tratados aspectos que são considerados pré-requisitos indispensáveis para a aprendizagem do assunto apresentado, tal como já foi apontado. Por se saber que é um tema em que as concepções alternativas dos alunos são abundantes, convém que o professor dele tenha saído com "a garantia" de que os seus alunos são portadores de tais pré-requisitos (massa, constituição da matéria, representação simbólica, conceito operacional de reacção química...) para o assunto que se vai seguir.

Inicia-se então pela contextualização social, ambiental, política e outras... do assunto que se vai tratar, apelando para a importância actual do tema, dando assim significado e importância à aprendizagem do assunto pelos alunos. O professor pode apresentar "slides" com situações em que as reacções químicas de combustão são centrais, tal como: Reciclagens, Motores de Combustão, Fogos Florestais, Centrais Térmicas, etc. Identificam-se as combustões com reacções químicas referindo indicadores de que o são.

A **questão-problema** que se vai tornar o fio condutor das aulas que se vão seguir vai girar em torno da alteração, ou não, da massa (entendida esta como quantidade de matéria determinada com uma balança, numa definição simultaneamente ontológica e operatória, que parece a mais adequada ao nível etário dos alunos a que se destina) das

substâncias finais relativamente à das substâncias iniciais, numa combustão, ou seja, quando uma substância arde.

É conveniente, professor e alunos, fazerem **registo das ideias** surgidas, resultantes de discussão de grupo ou de forma individual, para poderem ser confrontadas em momentos posteriores.

Inicialmente o registo pode ser feito no quadro para em seguida se agruparem as ideias centrais que os alunos devem registar nos cadernos com indicação de que se trata das suas próprias ideias e das dos colegas (anotando a data da aula- procedimentos de trabalho científico).

De forma oral o professor deve fazer referência ao **texto** (Documento A1) que irá distribuir aos alunos para leitura e para resposta a algumas questões. Deve ser esclarecido, em particular, o que é uma teoria, embora tal já tenha surgido, provavelmente noutras ocasiões recentes (teoria cinético-corpuscular, por exemplo). É conveniente o professor esclarecer igualmente a diferença entre os conceitos de massa e de peso e alertar para o uso histórico do termo peso, em alguns Documentos a distribuir. O professor dispõe de Indicações Metodológicas no **Documento P1**.

Segue-se a distribuição do **Documento A1** (T1): "**Uma teoria para explicar as reacções químicas de combustão**". Após a leitura do texto que se refere à primeira grande teoria química, alguns alunos poderão reforçar as suas ideias sobre a alteração de massa nas reacções de combustão. O professor deve igualmente sublinhar a importância do contexto sócio-cultural da emergência da teoria. Confrontam-se as ideias do texto, que os alunos devem ser incentivados a sublinhar e organizar, com as ideias que os alunos registaram nos cadernos. Inicia-se desta forma um registo organizado de ideias que, o mais possível, vão sendo justificadas pelos seus adeptos. Na turma os alunos podem ser redistribuídos em grupos de acordo com as posições defendidas.

O professor pode então questionar sobre o que pensam que acontece a respeito da massa nas reacções químicas que são propostas na ficha que em seguida distribui aos

alunos (**Documento A2 / TE1**). Tais situações, como a combustão em sistema aberto de algodão, ferro e álcool, têm a intenção de criar situações de conflito. São propostos dois materiais sólidos que, em sistema aberto, oferecem situações opostas (enquanto que no caso do algodão se assiste a uma diminuição de massa (libertação de dióxido de carbono), no do ferro ocorre aumento (formação do óxido de ferro, sólido)) e um material líquido que tem um comportamento semelhante ao algodão (por se tratar de um hidrocarboneto em que há libertação de dióxido de carbono). É uma oportunidade de os alunos poderem fazer as suas previsões com base nas teorias por eles aceites e defendidas. Devem ser dadas indicações aos alunos sobre os registos a efectuar. O professor pode aproveitar a oportunidade para referir o modo de trabalhar dos cientistas que partem para situações experimentais com previsões e expectativas de resultados e que tal condiciona a interpretação que é feita e as conclusões que se tiram.

Seguem-se as demonstrações experimentais pelo professor e o registo pelos alunos (o professor dispõe do **Documento P2**).

Um aspecto muito importante é a exploração da concordância ou não dos resultados observados com as previsões feitas pelos alunos.

Confrontando com as ideias do texto T1 o professor deve aproveitar a oportunidade para falar das situações sempre problemáticas que se geram nas comunidades científicas e/ou entre os cientistas, quando os seus resultados parecem discrepantes das interpretações que as teorias por eles aceites avançam. São situações, em termos kuhnianos, de "rombos no paradigma", nem sempre fáceis de admitir e muito menos fáceis de superar pelos cientistas. É assim importante referir a existência de fases de conflitualidade em determinados períodos da construção de conhecimento científico para ajudar a criar uma imagem de ciência em que o contexto é muito importante, o contributo de muitos cientistas igualmente o é, e a dependência do aperfeiçoamento e desenvolvimento tecnológico, a alteração de técnicas e outros factores funcionam como aspectos importantes a ter em conta.

Assim, o professor pode fazer referência ao desenvolvimento da Química Pneumática e o contexto do seu desenvolvimento, nomeadamente os contributos de Black, Priestley, Cavendish... e as descobertas e identificações dos gases.

Surge a oportunidade para fazer referência à dificuldade de atribuir uma descoberta a uma única pessoa. A diferença entre isolar o gás e identificá-lo e a importância da teoria que orienta a investigação, são aspectos que o professor pode referir.

Do ponto de vista kuhniano e também lakatosiano são importantes as suspeitas de que alguma coisa começa a criar desacordo com a teoria estabelecida e os esforços que são envidados no sentido de superar as anomalias criando hipóteses adicionais e cercando o Programa de Investigação Científica de hipóteses auxiliares. Lavoisier é um jovem químico iniciado na teoria de Stahl e as suspeitas a propósito da participação do ar nas combustões começam a ganhar relevância. A partir deste ponto já se torna possível estabelecer um paralelo, e tornar disso conscientes os alunos, entre a História da Ciência e o percurso que eles estão a fazer nas aulas. Assim, tem sentido os alunos analisarem o **Texto 2**: "**A caminho de uma teoria para interpretar as reacções químicas de combustão**" (**Documento A3**).

A realização da experiência da **Ficha TE2** (**Documento A4**) pode ser realizada em grupos de quatro/cinco alunos (tendo em conta que no 8° ano pode ocorrer desdobramento da turma em turnos aconselha-se a concretização desta ficha com a turma desdobrada).

É distribuído o **Texto T3**: "**Uma nova teoria para interpretar as reacções químicas de combustão**" (**Documento A5**) e os alunos respondem, em grupo, às questões que são propostas. Pode ser trabalho de casa.

É distribuído o **Texto T4**: "**Lavoisier realiza a síntese da água. A lei da Conservação da massa nas reacções químicas**" (**Documento A6**) e os alunos respondem às questões propostas. Pode ser como trabalho de casa.

Na discussão das respostas às questões dos textos o professor pode ir acompanhando com a projecção de **transparências** contendo o enunciado do princípio da conservação da massa tal como Lavoisier o escreveu no seu *Traité Élémentaire de Chimie*, os registos de pesagens e cálculos de Lavoisier, desenhos de aparelhos e montagens experimentais usados por Lavoisier, etc... (exemplos nos **Documento A7**)

Pode pôr-se então a **questão** de como podemos resolver o problema do controlo da massa que, nas situações experimentais iniciais, parecia alterar-se?

A partir da interpretação da situação que fora proposta na Ficha TE2 (Documento A3) e das discussões sobre os textos do percurso histórico, os alunos podem ser estimulados a fazer um ponto da situação relativo às suas interpretações sobre a alteração, ou não, da massa nas reacções de combustão e a planear experiências que possam ajudar a compreender (dar resposta) as novas situações (Existe uma Ficha TE 3 - Doc 8 - que embora no formato Documento para alunos pode funcionar principalmente como um guia para o professor). É necessário despertar os alunos para a necessidade de integrar as novas suspeitas criando novas hipóteses que orientam a investigação (Para indicações metodológicas o professor dispõe do **Documento P8**).

Na leitura do valor da massa na balança o professor deve certificar-se que os alunos compreendem bem, e registam com cuidado, os dados necessários para uma interpretação.

Ao realizar as experiências planeadas impõe-se um registo cuidadoso das observações e de aspectos problemáticos (eventualmente erros, dúvidas ou outros aspectos) que possam ocorrer. Os alunos devem perceber a importância de controlar

variáveis e daí que se devam aperceber da importância de realizar, em sistema fechado, as combustões de alguma das substâncias da Ficha TE1 (**Documento A2**). Tratando-se de situações planeadas pelos próprios alunos, estes devem descrever inicialmente o procedimento e fazer esquemas da montagem e compreender muito bem para que vão realizar a experiência para que possam analisar os resultados obtidos e confrontá-los com as suas ideias iniciais. A **Ficha TE3 (Documento A8)**, serve principalmente o professor para que este possa orientar os alunos em caso de necessidade. O papel do professor é principalmente o de um consultor. Ele deve esclarecer os alunos sobre o seu papel na investigação que vão conduzir. Eles são iniciados mas contam com a presença e as orientações de alguém mais experiente. Convém ressaltar que é algo de semelhante o que se passa com os próprios investigadores (com Lavoisier e os seus colaboradores ou nas equipas de investigadores no nosso tempo). As questões que surgem na Ficha TE3 devem ser discutidas pelos grupos de alunos com o professor para que se certifique de que estes partem para a actividade experimental conscientes do que procuram por que guiados por ideias que para eles são claras.

Seria conveniente que esta actividade decorresse com a turma dividida em turnos.

No registo a efectuar pelos alunos deve constar o problema, como foi colocado, a hipótese ou hipóteses emitidas, o *design* experimental... Tal aspecto deve colocar-se nas situações práticas, para que os alunos tenham uma visão de conjunto e uma compreensão das distintas actividades que se têm que realizar numa investigação para não correr o risco de ser entendido como uma mera ilustração, e reter apenas o resultado acrítico. Os alunos, além disso, habituam-se a efectuar registos por escrito e de forma ordenada, desenvolvendo simultaneamente o domínio da língua materna.

Para casa distribui-se aos alunos o **texto T5 (Documento A9)**: "**Percurso da alteração de uma teoria científica. A interpretação das Reacções de Combustão e o Princípio da Conservação da Massa**" que fornece aspectos adicionais sobre o contexto

da descoberta de uma nova teoria científica. O professor deve dar indicações que motivem e orientem para a leitura do texto. Os alunos estão agora capazes de compreender os múltiplos aspectos que envolvem a substituição de uma teoria científica por outra que a suplante em explicações e em previsões, conduzindo a muitas alterações a níveis vários, mostrando assim a inter-relação entre a sociedade e a ciência ou entre o desenvolvimento tecnológico e a ciência e vice-versa, bem como entre a política, as ideologias e as questões económicas que cercam a Ciência. Seria vantajoso que os alunos dispusessem de tempo para tal leitura e para dar resposta às questões que são propostas.

Deve fazer-se a discussão das respostas dadas pelos alunos de forma a integrá-las com as respostas já dadas a outras questões levantadas por textos e fichas anteriores. O professor deve estar atento ao significado das respostas dadas pelos alunos para inferir do grau de compreensão do assunto revelado pelas respostas. É importante alertar aqui o professor para a imprescindibilidade de manter o entusiasmo/interesse dos alunos pelas situações discutidas e ir sempre confrontando as ideias deles sobre a questão da conservação da massa, após estas discussões e no início do estudo do tema. Levantar com frequência a questão inicial e trazer ao de cima a forma de trabalhar dos cientistas, a importância do contexto, os contributos externos, a discussão na comunidade científica, a dificuldade de impor uma teoria nova em confronto com a anterior, os adeptos e adversários, a importância e a forma da comunicação dos resultados e sua divulgação, as consequências da nova teoria em termos propriamente científicos e em termos sociais e outros... A leitura do texto permite igualmente fazer sobressair a dimensão humana da ciência através dos seus protagonistas. Assim, é a imagem dos cientistas enquanto pessoas que pode ser explorada pelo professor. Deve fazer-se referência, em particular a aspectos da vida quotidiana de Lavoisier, à colaboração da sua esposa, Anne-Marie Paulze Lavoisier, nomeadamente como autora dos desenhos que perpetuaram os instrumentos e montagens experimentais de Lavoisier, como tradutora de obras de outros químicos, etc..

Incentivar os alunos a conhecerem melhor aspectos da vida quotidiana de Paris dos finais do século XVIII numa perspectiva de interdisciplinaridade com a História. Tal aspecto pode ser comunicado pelo professor de FQ ao professor de História da turma e eventualmente resultar num trabalho interligado.

É importante que os alunos tornem consciente o percurso da alteração dos seus próprios pontos de vista, num exercício metacognitivo. O professor deve aperceber-se de que houve alteração das CA dos alunos confrontando-os com elas. Depois disto é importante que os alunos tenham compreendido questões como a participação e papel das substâncias gasosas nas reacções químicas, o papel do oxigénio como reagente nas reacções químicas de combustão... e que vão adquirindo sobre a ciência e a construção do conhecimento científico uma imagem mais consistente com uma perspectiva actualizada.

É importante que os alunos percebam que uma hipótese não fica confirmada com uma simples experiência escolar (Gil Pérez *et al.* 1991). É conveniente referir os apoios já evidenciados por muitas situações científicas, altamente controladas e com percursos experimentais mais precisos, bem como a sua enorme coerência no âmbito de uma teoria.

Convém utilizar a experiência para insistir e alertar os alunos para o perigo de generalizações apressadas e acríticas baseadas no senso comum. Situações como esta podem ajudar a compreender melhor aspectos relacionados com a metodologia científica. Há que contar sempre com erros inerentes aos sistemas e às pessoas, que vão sendo eliminados, porque tornados conscientes, e não porque ignorados.

Não fica erradicada a ideia de alteração de massa nas reacções químicas. É necessário voltar frequentemente a discutir tal ideia e a analisar em reacções químicas posteriores a influência do sistema aberto, ou seja, a identificar sempre nas reacções químicas a realizar, todos os reagentes e todos os produtos da reacção. A escrita das

equações químicas e o treino do acerto das equações pode ajudar a consolidar a ideia da conservação da massa. É importante também que os alunos comecem a perceber o princípio da conservação da massa no âmbito de uma teoria (primeiro uma teoria macroscópica e posteriormente inserida na teoria atómica). Tal pode mostrar a consistência dos conceitos para interpretar situações muito diversas.

Muitas vezes os alunos voltam a cometer o mesmo erro conceptual de pensar a ausência de conservação da massa, noutra situação diversa.

É então a altura de avançar, na forma de ampliar os conhecimentos dos alunos, para uma **segunda questão-problema**, na sequência da resposta à anterior.

Num novo paradigma há novas questões e novos problemas que fazem sentido e sobre os quais os cientistas se passam a debruçar, à luz da nova teoria.

Tal questão pode surgir na forma: "Será que a conservação da massa ocorre noutras reacções químicas, além das combustões?"

O professor deve fazer referência ao estudo anterior, sistemático, que foi feito sobre as reacções químicas, no início da Unidade 2. do Programa.

Um aspecto que está subjacente diz respeito a uma outra vertente e pode ser explorado pelo professor: "Será que uma só experiência é suficiente para estabelecer uma Lei?". Para Lavoisier a ideia da conservação da massa era tomada principalmente como ponto de partida, ou seja, como princípio. O que está em questão é dar o estatuto de Lei a tal aspecto que funcionou para Lavoisier como princípio...

O professor discute estes aspectos com os alunos e partem então para a realização do conjunto das fichas (**Documento A10 - Ficha TE 4 a Ficha TE 8**), que se sugere sejam distribuídas pelos vários grupos de alunos com a informação de que se trata de actividades diferentes cujas descrições e conclusões vão ser posteriormente comunicadas à turma em forma de plenário.

A intenção é que diversos grupos de alunos realizem diferentes tarefas que no conjunto aportem situações variadas, incluindo tipos de reacções químicas variadas, de

entre as que foram estudadas pelos alunos. Para a realização das tarefas seria aconselhável a aula de turno, embora tenha que ser feito um balanço entre a exequibilidade da tarefa e o número de aulas proposto.

Sobre a forma de comunicar e a importância epistemológica de tal aspecto didáctico, interessa compreender que se trata de tentar recriar o ambiente da comunicação de resultados científicos no seio de uma comunidade certificadora do conhecimento em que a questão da intersubjectividade é fundamental (Existe a **Ficha P10** para orientação do professor).

Faz-se assim a comunicação/apresentação dos resultados pelos grupos, à turma. O Professor tem o papel de presidente daquela comunidade científica. Todos devem ser incentivados a questionar a validade dos resultados e das conclusões apresentadas pelos colegas.

Todas as fichas envolviam a escrita de equações de palavras. De forma oral o professor faz a passagem para a escrita simbólica das equações químicas. Tomando a lei da conservação da massa como ponto de partida, a teoria cinético-corpuscular e ainda a escrita simbólica de átomos e de moléculas das substâncias, aspectos já considerados como pré-requisitos, tal implica a conservação do número total de átomos e das suas espécies, e daí a necessidade de acertar as equações químicas.

Como exercícios de treino acerca do acerto das equações de reacções químicas o professor pode passar, como trabalho de casa, alguma ficha do Manual Escolar dos alunos.

Terminam, fazendo uma síntese final com a colaboração de todos, unindo os conceitos com os processos que os ligam, incluindo elementos de ligação que a abordagem pela via da HC, do uso do TE e da consideração da perspectiva CTS, permitiu. A ligação com o assunto que se segue no Programa é facilmente estabelecida. Trata-se igualmente de um aspecto controverso, "2.3.2. Investigando acerca da temperatura nas reacções químicas. a) Variações de temperatura e interpretação

corpuscular. b) Reacções como fontes de calor.", radicando nas teorias já abordadas para as combustões e por fim, em termos actuais na teoria cinético-corpuscular, mas principalmente na utilidade tecnológica, social e económica que as reacções de combustão representam, enquanto reacções exotérmicas.

Faz-se avaliação sob formas diversificadas ao longo do processo. É, contudo, mais tarde que convém apreciar do significado das aprendizagens conseguidas pelos alunos.

O professor procura saber se os alunos compreenderam o significado do que esteve em discussão, se são capazes de trazer ao de cima as suas primeiras ideias e de as confrontar com as novas ideias. Os próprios alunos avaliam o seu próprio percurso e as suas aprendizagens assim como colaboram na avaliação dos colegas, uma vez que trabalharam de forma solidária e cooperativa.

Fazer igualmente uma avaliação, nomeadamente do interesse dos alunos nas actividades desenvolvidas. O professor pode registar a participação dos alunos nos debates e nas actividades experimentais através de uma ficha de observação.

Não se pretendeu, como já foi referido, que esta proposta fosse encarada como um percurso rígido a ser percorrido pelo professor com os seus alunos num número fixo de aulas, mas sim que fosse encarada como uma sugestão de percurso com necessidade de adaptação às turmas e aos alunos concretos, e ao professor enquanto pessoa e profissional experiente e consciente, ele próprio a experimentar e a sentir uma alteração no seu percurso profissional.

5.7. Quadro - Síntese da Planificação Diária sugerida

Aula	Objectivos	Estratégia	Materiais
1	- Compreender que uma teoria científica pretende ser explicativa - Fazer previsões com base numa teoria que se aceita	- Contextualização/ questão-problema/ - Registo das ideias dos alunos - Leitura e resposta às questões do Texto "Uma teoria para interpretar as reacções químicas de combustão" (Doc A1) - Demonstração experimental antecedida de previsões com base nas teorias que se aceitam (Doc A2) - Registos do TE	Slides Doc A1 (T1) Doc A2 (TE1)
2/3	- Identificar as dificuldades da teoria do flogisto para explicar as reacções de combustão. - Reconhecer a necessidade de uma teoria para guiar a experiência	- Confronto dos resultados experimentais com as ideias do texto1. - Leitura do texto (Doc A3) "A caminho de uma teoria para interpretar as reacções de combustão"	Doc A3 (T2)
2/3		- Realização da ficha de TE 2 (Doc A4): "composição do ar" - Registos do TE - Discussão das respostas às questões da ficha de TE 2 (Doc A4) e do texto 2 (Doc A3)	Doc A4 (TE2)
TPC	- Fomentar a interdisciplinaridade Q-H/ - Ampliar os conhecimentos acerca da HQ - Reflectir sobre a importância do contexto social, cultural e tecnológico	- Leitura do texto 3 (Doc A5): "Uma nova teoria para interpretar as reacções de combustão"	Doc A5 (T3)

4/5	- Compreender o processo de substituição de uma teoria por outra - Organizar o esquema conceptual da teoria do oxigénio - Avaliar o poder de previsão de uma teoria - Reflectir sobre o papel da comunidade científica - Avaliar a importância do contexto social, cultural e tecnológico no desenvolvimento do conhecimento científico	- Análise das respostas às questões Texto 4 (Doc A6) (lido pelos alunos ou usado pelo professor) - "Lavoisier realiza a síntese da água. A lei da conservação da massa nas reacções químicas". - Ponto da situação, acompanhado de projecção de transparências: enunciado do princípio da conservação, desenhos de esquemas experimentais de Lavoisier... (Docs A7) - Início do planeamento experimental com base na ficha de TE3 (Doc A8) e nos textos analisados	Doc A6 (T4) Docs A7 (transparências) Doc A8 (TE3)
5	- Planear experiências - Fazer registos úteis - Interpretar experiências à luz da teoria que se aceita - Reconhecer a necessidade de uma teoria para guiar a experiência	Continuação do planeamento de experiências para confrontar a nova hipótese de que é necessário o oxigénio para a combustão e se conserva a massa. Elaborar lista de material, esquema e procedimentos. Apresentação ao professor das propostas experimentais. Realização das experiências concebidas pelos alunos. Registos.	Projectos dos alunos
TPC	- Entender o cientista como pessoa no seu tempo - Compreender a construção dinâmica e controversa da ciência - Compreender que a evolução da Ciência se faz em relação com questões epocais, num contexto social, cultural...	Leitura do texto - "Percurso da alteração de uma teoria científica. ..." (Doc A9)	Doc A9 (T5)
6	- Compreender o poder de previsão de uma teoria científica. - Compreender a lei da conservação da massa nas reacções químicas.	Segunda questão-problema: Será que a conservação da massa ocorre noutras reacções químicas além das combustões? Realização do conjunto de experiências diferentes por diferentes grupos de alunos. Preparação de material para apresentação dos resultados aos colegas.	Doc A10 (Fichas de TE 4 a TE 8)

7	- Comunicar resultados - Compreender o papel das comunidades científicas na certificação do conhecimento científico - Modificar representações sobre ciência	Comunicação dos resultados à turma	Materiais dos alunos
8	- Representar reacções químicas por equações químicas	Explicação oral, por recurso aos esquemas de palavras das reacções realizadas, do significado da escrita simbólica de equações químicas.	Quadro
TPC		Ficha de treino - acerto de equações químicas	Manual Escolar
	---	---	
	- Avaliar a importância das reacções de combustão - Discutir inter-relação CTS	Visita de estudo a uma Central Térmica	

5.8. Documentos Didácticos e Guias Metodológicos para o professor

Na sequência da apresentação da planificação didáctica sugerida, com a descrição de uma proposta de desenvolvimento na prática de ensino para o tema em estudo, apresentam-se os documentos organizados, quer para utilização directa pelo professor na aula, quer os que servem, na situação presente e de acordo com aqueles, de suporte como Guias Metodológicos de actuação para o professor, com os objectivos, propostas metodológicas e comentários às questões propostas nos Textos e nas Fichas de Trabalho Experimental para os alunos. Os primeiros são identificados como Documentos A (alunos) e os segundos como Documentos P (professor).

DOCUMENTO A1 - TEXTO 1

Lê, em silêncio e com muita atenção, o texto. Em seguida confronta as tuas ideias com o teu grupo e tentem, em conjunto, dar resposta às seguintes questões. Se algum elemento não concordar com as propostas do grupo, organiza as suas próprias respostas.

UMA TEORIA PARA INTERPRETAR AS REACÇÕES QUÍMICAS DE COMBUSTÃO

Nos finais do século XVII, quando a prática química se voltava para o estudo da natureza e das transformações das substâncias, e se preocupava já menos com a pedra filosofal, os químicos voltaram-se mais para o fogo! O fogo transforma, permite aos corpos entrarem em reacção química, dissolverem-se, dilatarem-se, fundirem, evaporarem.

Becher (1635-1682) impõe rapidamente as suas obras sobre os princípios e processos químicos. Afirma que o fogo não é um verdadeiro elemento e considera que os princípios elementares de todas as coisas são o ar, a água e a terra. Considerando as diferentes propriedades dos metais e outros minerais, Becher admitia três tipos de terra: uma que explicasse a substância, outra a cor e uma terceira a subtileza, forma, odor e peso. Considerava assim uma terra *vitrescible*, uma terra *pinguis* e uma terra *fluida*. Apesar do paralelismo, não há uma correspondência rigorosa entre estes três tipos de terra e os três princípios de Paracelso.



Stahl (1660-1730)

Estas ideias fascinaram o químico alemão **Stahl** (1660-1730) que a analisou com cuidado acabando por reeditar em 1703 a obra de Becher incluindo um longo comentário da sua autoria. Stahl identificou a terra *pinguis*, gordurosa, oleosa e combustível com o princípio enxofre de Paracelso, responsável pela combustibilidade dos corpos em que entra e chamou-lhe flogisto (inflamável). Este flogisto tornou-se a base dum novo sistema teórico explicativo de todos os fenómenos químicos, ao qual aderiram facilmente os químicos mais notáveis.

As substâncias que são combustíveis é devido ao facto de conterem mais ou menos flogisto, que perderiam ao entrarem em combustão, observando-se,

eventualmente, a produção de fumos, calor ou chama; restava um resíduo chamado "cal". Os metais, por exemplo, deveriam ser associações de flogisto e cal e poderiam ser regenerados a partir desta por adição de uma certa quantidade de flogisto, normalmente por aquecimento com carvão, considerado "flogisto quase puro". Os princípios simples dos corpos incluem terra e água. Há três espécies de terra: vitrificável, liquidificável e inflamável ou flogisto. As propriedades dos corpos dependem dos princípios que contêm. Por exemplo o enxofre arde porque contém o princípio inflamável, o flogisto.

A teoria diz que as "cales" (óxidos) obtidas por combustão dos metais são mais simples que estes. Quando aquecidas, o flogisto do carvão a arder combina-se com elas para produzir os metais. A combustão é o resultado dos metais perderem o seu flogisto. A respiração tem o efeito de remover o flogisto do corpo para o ar. Se o ar está saturado com flogisto, proveniente da combustão ou da respiração, esta torna-se impossível. Explicavam-se muitos fenómenos importantes com base neste quadro teórico.

O carvão e os corpos combustíveis transformam-se, pela combustão, em luz e calor. O aquecimento dos produtos de uma combustão leva à fixação da luz e calor, regenerando os respectivos metais. O fogo é o próprio flogisto. É assim entendido como um princípio de leveza que ao libertar-se dos corpos os deixa mais pesados e ao fixar-se neles os torna mais leves.

Questões sobre o texto:

1. De acordo com a teoria proposta por Stahl o que é uma combustão? O que são substâncias combustíveis?

2. Organizar um esquema (indicando os materiais e as transformações que sofrem) sobre a teoria explicativa das reacções químicas de combustão proposta por Stahl

3. Após a análise do texto que resposta dar à questão inicialmente discutida: Mantém-se ou altera-se a posição inicialmente tomada? Justifica.

Actividades Complementares (em casa):

Consulta livros de História e pede ajuda aos teus pais e professores:

- Relaciona os aspectos sociais, económicos, políticos e religiosos que caracterizam a Idade Média com algumas características particulares da actividade química dessa época, para compreenderes melhor alguns aspectos referidos no texto.

DOCUMENTO A2 - FICHA EXPERIMENTAL 1

INTRODUÇÃO :

Uma das **questões** que podemos colocar, e muitas vezes foi posta ao longo da História da Ciência, é se, quando um material "arde" (reacção de combustão) a massa (quantidade de matéria determinada com a balança) se mantém, aumenta ou diminui?

Procedimento:

Em relação às demonstrações a realizar pelo professor:

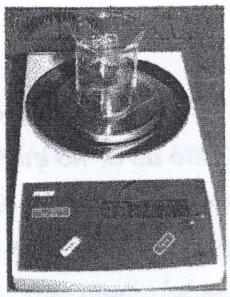
1 - Regista o valor da massa em cada situação experimental.



A- álcool



B- algodão



C- ferro

2 - Regista as tuas previsões sobre a variação da massa após a combustão, em cada uma das situações, justificando.

PREVISÕES (aumenta/ diminui/ mantém-se):

A -

B -

C -

3 - Faz esquemas das situações finais, após as combustões, e escreve os valores marcados em cada um dos casos. Compara/confronta os resultados com as tuas previsões e com as ideias retiradas do texto lido (Documento A1). Interpreta as diferenças entre as várias situações observadas.

DOCUMENTO A3 - TEXTO 2

A caminho de uma teoria para explicar as reacções de combustão

Lavoisier realizou muitas experiências e reflectiu sobre elas, deixando descrições pormenorizadas sobre as condições experimentais e sobre as reflexões que o conduziram a uma nova teoria para explicar as reacções de combustão e as reacções químicas em geral. Retirámos algumas partes do ***Traité Élémentaire de Chimie*** que ilustram a forma de trabalhar e algumas interpretações do químico francês.

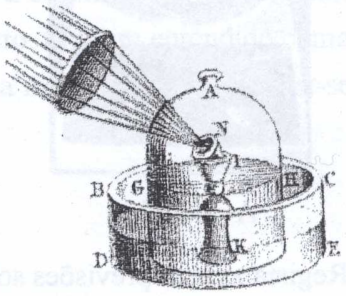
Capítulo VI.

Da combustão do fluido elástico com as substâncias metálicas, pela calcinação

(...)

Quinta experiência

Efeito do ar no qual se calcinou o chumbo sobre os corpos inflamados



montagem experimental para o estudo das combustões

Calcinei, como nas experiências precedentes, e no mesmo aparelho, 3 gros de chumbo. A operação terminou, introduzi rapidamente uma vela; ela brilhou bastante bem no primeiro instante mas começou a esmorecer e extinguiu-se ao fim de um minuto aproximadamente. (...)

REFLEXÕES

Resulta destas experiências que o ar no qual calcinamos os metais não está de modo nenhum no mesmo estado que o que se liberta das efervescências e das reduções metálicas. (p. 619)

Capítulo IX

Sobre a combustão do fósforo e a formação do seu ácido

Primeira experiência

Combustão do fósforo sob uma campânula invertida sobre a água

Preparação

Coloquei numa pequena cápsula de ágata 8 "grains" de fósforo de Kunckel; coloquei esta pequena cápsula sob uma campânula de vidro invertida sobre a água, e

introduzi, com um funil recurvado, uma pequena camada de óleo sobre a superfície da água; este aparelho é o mesmo do representado na figura 8. Fiz incidir sobre o fósforo a radiação de uma lente de vidro de 8 polegadas de diâmetro.

Efeito

Rapidamente o fósforo fundiu, em seguida inflamou dando uma bela chama; ao mesmo tempo elevou-se uma grande quantidade de vapores brancos que se depositaram na superfície interior da campânula, e que a embaciaram; estes vapores, em poucos minutos, tombaram e formaram gotas de um licor claro e límpido. No primeiro instante, a água da campânula baixou um pouco, por causa da dilatação ocasionada pelo calor; rapidamente ela começou a subir sensivelmente, mesmo durante a combustão e, assim que os recipientes arrefeceram, ela parou a uma polegada e 5 linhas acima do seu primeiro nível.

Reflexões

O diâmetro interior desta campânula era de 4 polegadas 1/10; daí se seguir que a absorção do ar foi de 19 polegadas 1/2; Tendo retirado a cápsula de debaixo da campânula, viu-se uma matéria amarela que não era mais que fósforo meio decomposto; lavei-o e sequei-o, após isso ele pesava entre 1 e 2 "grains", daí segue que realmente não se queimaram mais do que 6 a 7 "grains" de fósforo, e que a absorção de ar tenha sido aproximadamente 3 polegadas por cada "grain" de fósforo.

A porção da campânula debaixo de água era de 109 polegadas cúbicas de capacidade. A absorção de ar foi então de 2/11, ou, o que é a mesma coisa, entre um quinto e um sexto da quantidade total de ar contida sob a campânula.

Capítulo X

Experiências sobre a combustão e a detonação no vazio

Se a combustão do fósforo consiste essencialmente, como as experiências precedentes pareceram provar, na absorção de ar ou de um outro fluido elástico contido no ar, deve resultar que a combustão do fósforo não pode fazer-se sem ar; que ela não pode, por consequência, ter lugar no vazio da máquina pneumática, e eu estava curioso de procurar este novo complemento de prova.

Primeira Experiência

Coloquei sob o recipiente de uma máquina pneumática um pequeno pedaço de fósforo, fiz um vazio tão perfeito quanto a máquina podia comportar. Deixei então cair sobre o fósforo a radiação de uma lente de 8 polegadas de diâmetro; rapidamente ele

fundiu, ferveu, tomou uma cor amarela muito mais pálida que antes, por fim sublimou, mas não ocorreu combustão. Tendo introduzido ar sob o recipiente, e tendo provado os vapores aquosos que se depositaram sobre as paredes interiores, não os achei nem sequer sensivelmente ácidos; daí se conclui que não houve combustão.

(traduzido e adaptado do Traité Elementaire de Chimie *in* Ouvres de Lavoisier, 1864, Paris: Imprimerie Impériale, pp 614 a 652)

Questões

1 - Porque terá o fósforo, da experiência descrita no capítulo X, fundido e posteriormente sublimado, mas não entrou em combustão?

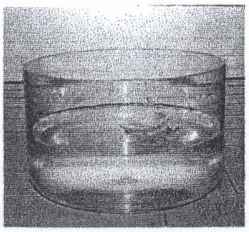
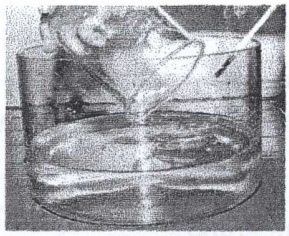
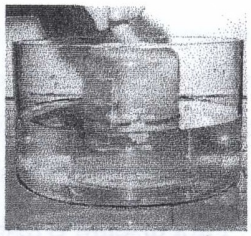
2- Discute com o teu grupo aspectos que podes retirar da leitura acerca do modo como Lavoisier descreve as experiências realizadas.

3- Que conclusões importantes acerca das combustões se podem retirar deste conjunto de experiências apresentadas?

DOCUMENTO A4 - FICHA EXPERIMENTAL 2

Introdução

Lavoisier realizou combustões de vários materiais que o conduziram na compreensão de que uma parte do ar entrava na combustão. Algumas das substâncias então utilizadas foram o estanho e o fósforo. Por questões de segurança utilizaremos nesta situação algodão (ou outro material).

Indicações

Realiza a actividade experimental que se segue. Deve ser feita com muito cuidado para evitar perigos e com muita atenção para compreenderes as situações propostas (Se for possível usa óculos de protecção e bata).

Material de laboratório e reagentes

(verifica se tens no tabuleiro todo o material indicado)

- tina, copo, vidro de relógio, rolha larga, água, fósforos
- algodão (ou outro material indicado)

Procedimento

Lê as indicações de procedimento completas para teres uma ideia do que vais fazer e inicia depois a realização experimental seguindo essas indicações; se tiveres alguma dúvida coloca-a inicialmente ao teu grupo; se tiveres alguma dificuldade, chama o professor.

1- Coloca água na tina até cerca de um terço da sua altura.

2- Coloca um pedaço de algodão (ou outro material) no vidro de relógio e coloca o conjunto sobre a rolha (marca o nível da água na tina e/ou no copo).

3- Coloca o conjunto preparado a flutuar sobre a água, inflama o material e rapidamente inverte sobre ele o copo.

4- Regista o que se observa e faz um esquema da situação final após a combustão ter terminado.

Questões

Para discutir e responder em grupo:

1 - Porque motivo terá a água subido no copo?

2- Qual o volume aproximado do gás que participou na reacção, relativamente ao volume total ocupado inicialmente pelo ar dentro do copo?

3- Qual é o gás que participa na reacção de combustão? Recorda a composição do ar.

4- Lavoisier, ao realizar a sua experiência semelhante à que realizaste, terá ficado imediatamente convencido de que o oxigénio (do ar) participava nas combustões? Porquê?

5- Após esta situação como se poderão interpretar (ou reinterpretar) os resultados obtidos na realização da ficha A2?

6- Tentem, no vosso grupo, planear uma experiência que possa dar resposta à questão inicialmente colocada: "Será que a massa numa reacção de combustão se mantém, aumenta ou diminui?" (Indicar o material necessário e o modo de procedimento e apresentar ao professor)

DOCUMENTO A5 - TEXTO 3

Uma nova teoria para interpretar as reacções químicas de combustão

Traité Élémentaire de Chimie

Conclusão do capítulo (Sobre a calcinação dos metais)

(...)

5º Que várias circunstâncias parecem levar a crer que todo o ar que nós respiramos não é próprio a fixar-se para entrar na combinação das cales metálicas, mas que existe na atmosfera um fluido elástico particular que se encontra misturado com o ar, e que é no momento em que a quantidade deste fluido contido sobre a campânula se consome, que a calcinação não pode ter lugar. As experiências que eu vou relatar no Capítulo IX darão alguma probabilidade a mais a esta opinião.

As experiências de que acabo de dar conta parecem ainda conduzir às duas consequências que se seguem: 1º que a calcinação dos metais não pode ter lugar em recipientes perfeitamente fechados, a não ser que ela não possa lá ter lugar pela porção de ar fixável que lá esteja encerrado; 2º que, no caso em que a calcinação pudesse operar-se em recipientes exactamente fechados e privados de ar, ela deveria então fazer-se com aumento de peso, e por consequência em circunstâncias fortemente diferentes das que se observam nas calcinações feitas no ar. (...)

Nota. (...) M. Priestley persuadiu-se que a diminuição do volume de ar que ele observou vinha de uma sobreabundância de flogisto que lhe era fornecido pela calcinação do metal, e ele não parecia ter suposto que a própria calcinação fazia uma absorção, uma fixação do fluido elástico.

Questões:

1- A que gás se refere Lavoisier, no texto?

2- Descreve do texto a ideia da explicação das combustões (calcinação) feita por Lavoisier.

3- Como é que Priestley explicava a diminuição do volume de ar que ocorria quando se calcinava um metal num recipiente fechado?

DOCUMENTO A6 - TEXTO 4

Lavoisier realiza a síntese da água
A conservação da massa nas reacções químicas

Os estudos de Antoine Laurent Lavoisier, com a colaboração de Meusnier, sobre a formação da água ficaram célebres, não só pelos avanços conclusivos que permitiram mas também pela aparelhagem sofisticada que envolveram. Estes estudos estão de acordo com o princípio de que Lavoisier partira, acerca da conservação da massa numa reacção química. tal princípio ganhou posteriormente o estatuto de lei e, merecidamente, tem o nome de Lei de Lavoisier.

Tal como se pode ler no Traité Elementaire de Chimie:

Traité Élémentaire de Chimie

§ V.

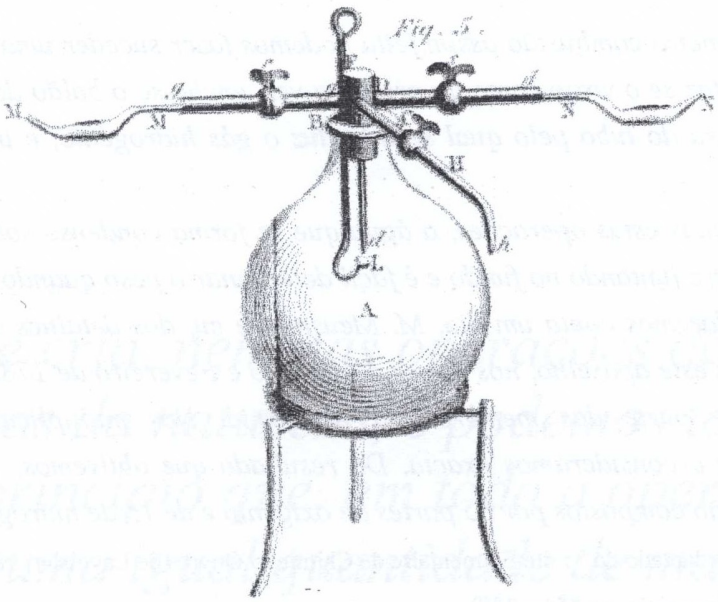
Da combustão do gás hidrogénio e da formação da água

O que a formação da água tem de particular é que as duas substâncias que para tal concorrem, o oxigénio e o hidrogénio, estão uma e a outra no estado aeriforme antes da combustão, e que uma e a outra se transformam, como resultado desta operação, numa substância líquida, que é a água.

Esta combustão seria muito simples e não exigiria aparelhos muito complicados, se fosse possível procurar-se os gases oxigénio e hidrogénio perfeitamente puros e que não deixassem restos.

Podíamos então operar em recipientes muito pequenos; e fornecendo continuamente os dois gases na proporção conveniente, continuaríamos indefinidamente a combustão. Mas, até aqui, os químicos ainda não usaram oxigénio que não estivesse misturado com gás azoto. O que acontece é que não conseguiram manter mais do que durante um tempo limitado e muito curto a combustão do gás hidrogénio em recipiente fechado: com efeito, o resíduo de gás azoto aumentava continuamente, a chama enfraquecia e acabava por se extinguir. Este inconveniente é tanto maior quanto o gás oxigénio usado é menos puro.: é então necessário, ou terminar a combustão e operar apenas sobre quantidades pequenas, ou refazer o vazio para se desembaraçar do gás azoto: mas neste último caso, vaporiza-se uma porção de água que é formada, e resulta um erro muito perigoso, que não temos meios seguros para o poder apreciar.

(...) eis o aparelho que usámos, M. Meusnier e eu, para a combustão do gás hidrogénio. Não haverá nada a alterar assim que pudermos procurar os gases puros. (...)



Aparelho utilizado por Lavoisier para a formação da água

(desenhos de Anne-Marie Paulze Lavoisier)

Para operar com este aparelho, começa-se por fazer o vazio no balão A por meio da bomba pneumática adaptada ao tubo FHh; após o que se introduz gás oxigénio, rodando a torneira r do tubo gg. O indicador de nível do gasómetro, observado antes e depois da introdução do gás, indica a quantidade que entrou no balão. Abre-se em seguida a torneira s do tubo dDd' afim de fazer chegar o gás hidrogénio; e rapidamente, seja com uma máquina eléctrica, seja com uma garrafa de Leyde, faz-se passar uma faísca da bola L para a extremidade d' do tubo pelo qual se faz o escoamento do gás hidrogénio, e ele inflama-se imediatamente. Para que a combustão não seja nem muito lenta nem muito rápida, é necessário que o gás hidrogénio chegue com uma pressão de 1 polegada 1/2 a 2 de água, e que o gás oxigénio não chegue, pelo contrário, com menos de três polegadas, ou mais, de pressão.

A combustão assim iniciada, continua-se, mas enfraquecendo à medida que a quantidade de gás azoto que resta da combustão dos dois gases aumenta. Chega enfim um momento em que a porção de gás azoto se torna tal que a combustão não pode mais ter lugar e a chama extingue-se. É necessário prevenir esta extinção espontânea, porque no momento em que a pressão seja mais forte no reservatório do gás hidrogénio que no do gás oxigénio, faz-se uma mistura dos dois no balão, e esta mistura passaria em seguida para o reservatório do gás oxigénio. É assim necessário terminar a

combustão fechando a torneira do tubo dDd', logo que nos apercebamos que a chama enfraquece a um certo ponto, e ter uma grande atenção para não se deixar surpreender.

A uma primeira combustão assim feita podemos fazer suceder uma segunda, uma terceira, etc. Refaz-se o vazio como da primeira vez, enche-se o balão de gás oxigénio, abre-se a torneira do tubo pelo qual se introduz o gás hidrogénio, e inflama-se pela faísca eléctrica.

Durante todas estas operações, a água que se forma condensa sobre as paredes do balão e escorre juntando no fundo e é fácil determinar o peso quando conhecemos o do balão. Nós daremos conta um dia, M. Meusnier e eu, dos detalhes da experiência que fizemos com este aparelho, nos meses de Janeiro e Fevereiro de 1785, na presença de uma grande parte dos membros da Academia. Nós multiplicamos tanto as precauções, que a considerámos exacta. Do resultado que obtivemos, 100 partes em peso, de água, são compostos por 85 partes de oxigénio e de 15 de hidrogénio.

(traduzido e adaptado do Traité Elementaire de Chimie *in* Ouvres de Lavoisier, 1864, Paris: Imprimerie Impériale, pp 354 a 357)

Questões

1- Quais as principais conclusões da experiência realizada e descrita por Lavoisier?

2- Que problemas técnicos tiveram que ser resolvidos?

3- Qual a intenção com que Lavoisier e Meusnier fizeram a experiência descrita na presença de uma grande parte dos membros da Academia?

DOCUMENTO A7 - TRANSPARÊNCIA 1

Nada se cria, nem nas operações da arte, nem nas da natureza, e podemos tomar como princípio que, em toda a operação, existe uma igual quantidade de matéria antes e depois da operação; que a qualidade e a quantidade dos princípios é a mesma, e que não ocorrem mais do que mudanças e modificações

(traduzido e adaptado do Traité Elementaire de Chimie in *Ouvres de Lavoisier*, 1864, Paris: Imprimerie Impériale, p 101)

DOCUMENTO A8 - FICHA EXPERIMENTAL 3

Introdução

Podemos agora controlar alguns aspectos das reacções químicas de combustão que nos poderão ajudar a responder à questão inicialmente colocada "será que a massa durante uma reacção química de combustão se mantém, aumenta ou diminui?"

Indicações

Usar óculos de protecção e bata

Material de laboratório e reagentes

Balança; frascos com tampa hermética; fita de magnésio/ algodão/ álcool
vidro de relógio; lupa

Procedimento

1 - Colocar a substância no vidro de relógio

2 - Introduzir o conjunto dentro do frasco e tapá-lo com a tampa hermética

3 - Colocar sobre a balança e registar a massa.

4 - Representar esquematicamente a situação.

5 - Mantendo o aparato sobre a balança e com auxílio da lupa inflamar a substância.

6 - Aguardar o fim da combustão observando atentamente o mostrador da balança.

7 - Registar o valor da massa após o final da reacção.

Questões:

1 - Compara os valores da massa antes e depois de ter ocorrido a reacção química de combustão.

2 - Relaciona estes resultados com os obtidos na Ficha TE 1-A, para a mesma substância. Tenta interpretar as situações ocorridas.

3 - Qual terá sido o aspecto determinante para a alteração verificada?

4- Porque terão sido necessários tantos séculos para se interpretar as reacções químicas de combustão?

5- O que terá contribuído para que Lavoisier tenha conseguido realizar experiências semelhantes às que realizámos?

DOCUMENTO A9 - TEXTO 5

Percurso da alteração de uma teoria científica

A interpretação das Reacções de Combustão e a Lei da Conservação da Massa

Lavoisier (1743-1794), jovem licenciado em Direito, obteve a sua formação inicial em Química nas lições do químico farmacêutico Rouelle, nas prelecções que este, animadamente, dava no Jardin du Roi (Paris).



Lavoisier (1743-1794)

Foi na Rue Neuve des Bons-Enfants, em Paris, que Lavoisier montou o seu laboratório, na casa onde o casal se instalou após o casamento, mudando-se posteriormente para o Arsenal. Os seus rendimentos provinham da sua fortuna pessoal e do seu cargo profissional como controlador de impostos e mais tarde como Director da fábrica de pólvora. Foram estes rendimentos que lhe permitiram construir um dos laboratórios químicos mais bem equipados do século XVIII e despender somas consideráveis na realização de algumas experiências.

Já os antigos Filósofos Gregos tinham especulado que a quantidade total de matéria não poderia mudar. O poeta romano Lucrécius igualmente escreveu que "as coisas não podiam nascer do nada nem acabar no nada". Já no século XVII Van Helmont testou a hipótese da conservação da matéria. Mas a conservação da massa parecia não se aplicar às familiares transformações químicas, as combustões. A explicação era dada pela bem aceite teoria do flogisto de Stahl.

O percurso do desenvolvimento das ideias de Lavoisier traduz-se por alguns pontos fulcrais. O seu interesse pela combustão terá começado em 1772 com o início dos trabalhos que conduziriam a uma grande alteração no modo de compreender o processo. Depois do trabalho de Guyton de Morveau que mostrou conclusivamente, pela primeira vez, que os objectos ganham peso na calcinação, Lavoisier, ainda nesse ano, verifica que "um conjunto de experiências mostra que o ar entra na composição de minerais".

Nesse esquema conceptual inicial, as três espécies de substâncias são o ar, as cales e os metais. As cales produzem ar e os metais ganham peso quando se tornam cales. Para explicar estas ideias Lavoisier poderá ter conjecturado que as cales devem conter ar. Teria, neste ponto, uma vaga ideia de que a presença de ar nos minerais explicaria alguns fenómenos estranhos.

Em Setembro de 1772 realizou experiências sobre a combustão do fósforo e do enxofre, apercebendo-se do ganho de peso ocorrido. Numa carta fechada dirigida à Academia das Ciências em Novembro de 1772 já afirmava: "Esta descoberta parece-me uma das mais interessantes que já foram feitas depois de Stahl" e sugere que o aumento de peso na calcinação e combustão deverá ter a mesma causa: adição de ar. Notando também o envolvimento de grande quantidade de ar durante a redução do litargírio (óxido vermelho de mercúrio) com carvão, passou a acreditar que o aumento de peso de um metal quando calcinado era igualmente devido à absorção de ar.

Em Janeiro de 1774 publicou um detalhado relatório de experiências relevantes no seu "Opuscules Physiques et Chymiques", envolvendo calcinações e combustões e dissolução de terras tais como calcário, o que suportava a existência de um "fluido flexível elástico" no calcário, alcális e cales metálicas, não sendo claro se este fluido seria parte do ar ou o próprio ar .

Antes mesmo da era do flogisto, Boyle encontrara em duas experiências que metal encerrado num recipiente fechado e aquecido até à transformação no seu óxido, ganhava peso, e pensou que os corpúsculos de fogo passaram através dos poros do vidro. Em Abril de 1774, Lavoisier repetiu a experiência de Boyle, mas com uma técnica aperfeiçoada, e se este não tinha pesado o recipiente antes de o fechar e de novo antes de o abrir, aquele fê-lo e encontrou apenas uma pequeníssima diferença, mostrando que nada podia ter passado através do vidro e que o aumento no peso do recipiente depois do ar ter de novo entrado era aproximadamente o mesmo do peso ganho pelo metal durante a calcinação.

Os fundamentos da nova teoria tinham sido lançados. No Outono, Lavoisier encontrou um empasse. O ano de 1773 tinha-o passado principalmente a estudar o

trabalho dos químicos ingleses, repetindo muitas das suas experiências. O trabalho de Black (1728-1799) e as suas próprias repetições de tais experiências e outras posteriores, persuadiram-no de que o ar absorvido durante a calcinação era o "ar fixo" (dióxido de carbono) que Black havia isolado. Assim, ele introduziu desse gás num recipiente fechado no qual se dava a combustão do fósforo e apercebeu-se de que a combustão não tinha lugar. Por essa altura, em Agosto de 1774, Priestley (1743-1804) aqueceu o óxido vermelho de mercúrio (cal de mercúrio) e obteve um gás no qual uma vela ardia com uma chama vigorosa; Em Outubro visitou Paris e encontrou-se com Lavoisier falando-lhe das suas experiências. Em Novembro este iniciou as experiências com o óxido vermelho de mercúrio e no Abril seguinte apresentou à Academia Francesa uma Memória sublinhando (já) a sua nova teoria, sem, contudo, fazer referência a Priestley. Uma nota de Lavoisier, de Março de 1775, mostra que nesta altura, quando ele esperava que o gás libertado por aquecimento da cal de mercúrio fosse o "ar fixo", ficou surpreendido por verificar que uma chama nele introduzida era avivada.



J. Black



H.Cavendish



J. Priestley

A versão da Memória da Páscoa de 1775 mostra diferenças significativas de primeiras versões em que ele pensava ser o "ar inteiro", e não uma parte dele, que era absorvido pelos metais quando calcinavam; que esse "ar" era purificado no processo, quando libertado, que era mais respirável e que suportava melhor as combustões. Contudo ainda lhe faltava uma clara ideia sobre o próprio ar e ainda não estava confiante de ter uma alternativa forte à teoria do flogisto. Os conhecimentos não permitiam ainda decidir entre a sua e a interpretação do flogisto mas as duas eram incompatíveis.

A mais famosa das experiências de Lavoisier, a calcinação lenta do mercúrio e a subsequente decomposição da cal, terá sido realizada em 1776.

Por esta altura Lavoisier ainda admite que por vezes ele tem mais confiança nas ideias do eminente flogista britânico Priestley que nas suas próprias. Por volta de 1777, contudo, Lavoisier já desenvolveu uma rica e clara alternativa à teoria do flogisto. Numa Memória à Academia ele descreve o "ar puro" ou "ar eminentemente respirável" como

ingrediente do "ar atmosférico". Scheele, Priestley e Lavoisier isolaram este ingrediente. Priestley interpretou-o à luz da teoria que defendia, chamou-lhe "ar desflogisticado" porque a combustão e a respiração funcionavam melhor no seu ambiente. Mas Lavoisier estava agora convicto de que o agente na combustão e calcinação era uma parte separada do ar. O seu sistema conceptual, por 1777, inspirado na "Mémoire sur la combustion en général", contém quatro espécies de ar (eminentemente respirável, atmosférico, fixo, mofeta) e descreve como é que a combustão e a calcinação são explicadas.

A versão final (1778) da Memória de 1775 difere: "o princípio que se une aos metais na sua calcinação e aumenta o peso e os transforma em cales, é a porção do ar, a mais pura". Em 1780 Lavoisier chama ao "ar puro" princípio oxigénio, ainda não considerado como um elemento.

Na estrutura conceptual de Lavoisier em 1789 o oxigénio é já um elemento, como a luz, o calórico e como os recentemente descobertos hidrogénio e nitrogénio; os óxidos são produzidos pela oxidação dos metais e os objectos não metálicos ardem em combinação com oxigénio produzindo luz e calor.

Lavoisier apenas identifica a componente do ar responsável pela combustão em 1775 e que em 1777 denominará de oxigénio na sequência do estudo da composição de vários ácidos e de verificar que todos eles são constituídos por esse elemento comum a que atribui a propriedade da acidez. O oxigénio passou a ser o elemento central no sistema de Lavoisier. Contudo não era ainda o suficiente para o ataque decisivo à teoria do flogisto.

Por volta de 1783, o sistema já se tinha desenvolvido de um modo coerente e, além disso, apresentava uma grande capacidade interpretativa e poder de previsão (contribuiu nomeadamente para a descoberta de alguns ácidos), algo em profundo contraste com a teoria do flogisto, para a qual cada conquista do sistema de Lavoisier representava a necessidade de uma alteração da teoria ou a adição de hipóteses suplementares.

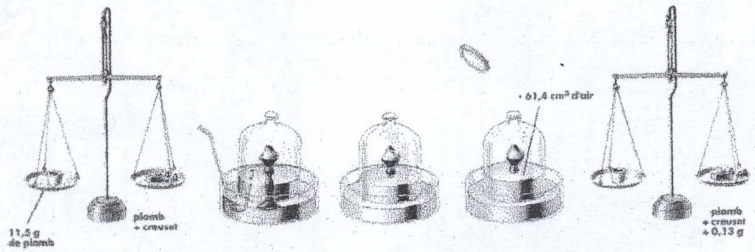
Lavoisier era cuidadoso, com ideias crescendo claras à medida que lia ou repetia experiências dos seus predecessores e contemporâneos. O flogisto não tinha cabimento no seu esquema químico. Devia existir uma teoria mais simples e uma explicação mais lógica para a combustão. Procurava uma explicação para a combustão e o flogisto não servia! O oxigénio, esse sim, era necessário.

Entretanto Cavendish provou a composição da água. A descoberta de Cavendish da combustão do hidrogénio para formar água teve um papel importante no pensamento de Lavoisier. Brilhantemente repetiu o trabalho do inglês e introduziu uma experiência

engenhosa para verificar a composição da água do ponto de vista da sua nova teoria da combustão. Essas experiências foram conclusivas e vieram completar os argumentos para um ataque público e frontal à teoria do flogisto.

Num artigo científico, publicado em 1788, ele avança a explicação de que a água é um composto dos elementos oxigénio e hidrogénio.

A teoria da combustão de Lavoisier é integrada num novo sistema químico, com novos conceitos e nova linguagem. Este período fértil culminou em 1789 com a publicação do Traité Élementaire de Chimie.



Os estudos de Lavoisier sobre a combustão conduziram-no a formular a lei da conservação da matéria. Se o mercúrio é aquecido no ar, ele oxida-se para formar óxido vermelho de mercúrio. Lavoisier mostrou que é consumido ar quando o mercúrio volta a pó vermelho. Aquecido depois o óxido vermelho de mercúrio decompõe-se no mercúrio original. Noutra experiência, colocou uma quantidade determinada de ferro num tubo fechado, mas com ar. Depois de aquecer o tubo, pesou o produto de reacção e mediu a quantidade de ar que foi consumido. Em 1789, avançou a lei da conservação da massa: "Em todas as operações da natureza e da arte, nada é criado".

O papel do laboratório e dos novos instrumentos:
ciência das quantidades e o veredicto da balança; A nova nomenclatura.

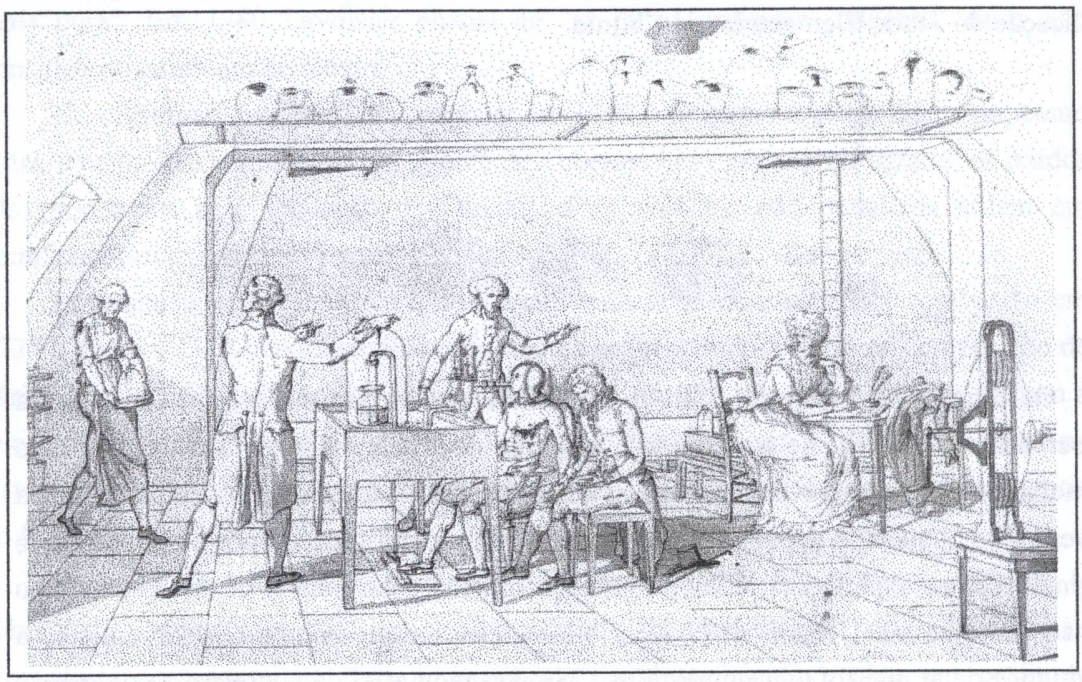
A convicção de destruir a teoria dominante assenta e toma forma num novo tipo de laboratório, recheado de instrumentos de precisão, no centro dos quais se situa a balança. Enquanto que a Química do flogisto assentava numa base qualitativa, com ligação a saberes antigos, apesar de variados e por vezes eficazes, as propostas de Lavoisier confirmam-se pela via quantitativa.

A revolução de Lavoisier é também uma revolução da prática química: conjunto de meios de medida, de armazenagem, de controlo, de recuperação dos produtos de

reacção e dos gases em particular, e a análise qualitativa para as identificações. Uma excepcional, embora dispendiosa, rede instrumental permitiu experiências de forma sistemática e permitiu interpretar de forma nova experiências e resultados que outros também obtinham mas que continuavam a interpretar no quadro de uma teoria já desadequada.

Os investimentos em equipamento para o seu laboratório são conhecidos com precisão pois os seus bens foram confiscados e inventariados.

Lavoisier cercou-se pouco a pouco de outros sábios, rodeou-se igualmente de engenheiros, de técnicos, de ajudantes de laboratório, de gente jovem a quem ele ensinava química teórica e prática e recebendo, em troca, a sua colaboração.

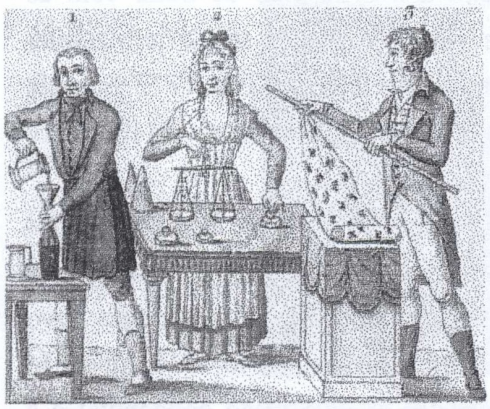


O seu laboratório constitui uma grande diferença relativa aos existentes na sua época, ainda de utilização muito privada, assemelhando-se já aos do século XIX quando a investigação científica em equipa se generalizou.

O canto de vitória dos antiflogistas aconteceu com a Reforma da Nomenclatura, em 1787. Antes desta reforma reinava uma grande confusão na designação das substâncias químicas. Os nomes dos compostos não reflectiam a sua composição e as designações referiam-se até, por vezes, ao local onde as substâncias se podiam encontrar. Empregava-se frequentemente o mesmo nome para designar corpos diferentes e nomes variáveis para a mesma substância (o sulfato de potássio era designado por *panacea duplicata, panacea holsatica, arcanum duplicatum, sal duplicatum, arcanum holsteniense, tartarus vitriolus, nitrium vitrio-latum, sal polychrestum glaser, vitriolatum potassinatum*).

Os escritos publicados antes dele eram praticamente ilegíveis e o que se fez foi escrevê-los numa nova ordem! O "Traité", cuja primeira edição teve 2000 exemplares, foi, assim, outro dos instrumentos poderosos na difusão das novas teorias de Lavoisier e da nova nomenclatura química, com o seu objectivo do "ensino das noções elementares de química".

O princípio da igualdade saído da Revolução Francesa veio também estender-se aos pesos e medidas pela unificação do sistema de medidas, consequência imediata e natural das alterações profundas já empreendidas.





Apoiantes e adversários

Rapidamente os cientistas franceses começaram a rodear Lavoisier - Fourcroy, De Mourveau, Berthollet e outros. Fora da França, a oposição ainda era forte, especialmente em Inglaterra onde Stevenson declarou: "Este arte-mágico tenta persuadir-nos que a água, o mais poderoso antiflogístico natural que possuímos é um composto de dois gases, um dos quais ultrapassa todas as outras substâncias na sua inflamabilidade". Cavendish, o descobridor da composição da água, nunca aceitou a nova explicação. Em 1803 Priestley escreveu da Pensilvânia: "Eu acredito que a Revolução Política será mais estável que a Revolução Química".

Apesar de muitas oposições e contrariedades as ideias de Lavoisier prevaleciam. O Professor Thomas Hope, da Universiadade de Edimbourg, foi o primeiro a adoptar a nova nomenclatura nas suas lições públicas. Em Edimbourg, Black aceitou a sua explicação e passou-a aos seus estudantes. Itália e Holanda puseram-se em linha ao mesmo tempo. Da Suécia, Bergman escreveu a Lavoisier a oferecer o seu apoio. A Academia de Berlim adoptou as ideias de Lavoisier em 1792. A Rússia endorsou o novo sistema com Lomonosov. Em Coimbra, com Rodrigues Sobral (1759-1828) e Vicente Coelho de Seabra (1764-1804) o Laboratório Químico da Universidade, criado pela

Reforma Pombalina de 1772, foi um dos baluartes de vanguarda da Química do oxigénio.

Nesta época as academias eram o centro da actividade científica e o lugar privilegiado para a difusão do conhecimento. Nas suas reuniões se anunciavam e discutiam quase todas as descobertas científicas, fomentava o trabalho em equipa e uma discussão pluridisciplinar. Lavoisier foi eleito membro da Academia das Ciências de Paris em 1768, com 25 anos. Em 1776, Guyton de Morveau, em Memória publicada no Journal de Physique, ainda tentava uma conciliação dos princípios de Stahl com as experiências modernas do ar fixo; idêntica tentativa transparece já no artigo de Macquer sobre o flogisto, publicado em 1778 do Dictionnaire de Chimie. Em 1777 Scheele publicava o seu tratado do ar e do fogo, defendendo acerrimamente a teoria do flogisto e ignorando as teorias de Lavoisier.

Se a maioria dos adeptos da teoria do flogisto viria a converter-se às novas teorias de Lavoisier, muitos outros, e alguns de renome, como Cavendish e Priestley, não renegariam nunca a teoria que haviam professado. Os primeiros a aderirem ao novo sistema foram os seus colegas de Academia, Laplace e Monge (1746-1818) que não pertencendo à secção de Química estavam mais abertos à nova visão conceptual e à justificação dos seus argumentos. O próprio Lavoisier estava bem ciente da dificuldade da aceitação da sua teoria. Os próprios contemporâneos e companheiros, Berthollet (1748-1822), Fourcroy (1755-1809) e Guyton de Morveau (1737-1816) tiveram dificuldade em aceitar a nova teoria do oxigénio. Mas, na realidade, Lavoisier estava convicto que a reforma metodológica da Química e a revolução teórica por si enunciada, unidas por um espírito de investigação de rigor, precisão de linguagem e unificação explicativa, seria mais facilmente propagada e aceite pelos novos cientistas. Aliás, uma revolução científica implica que o corpo de conhecimentos e a prática deles sejam aceites e influenciem uma comunidade científica.

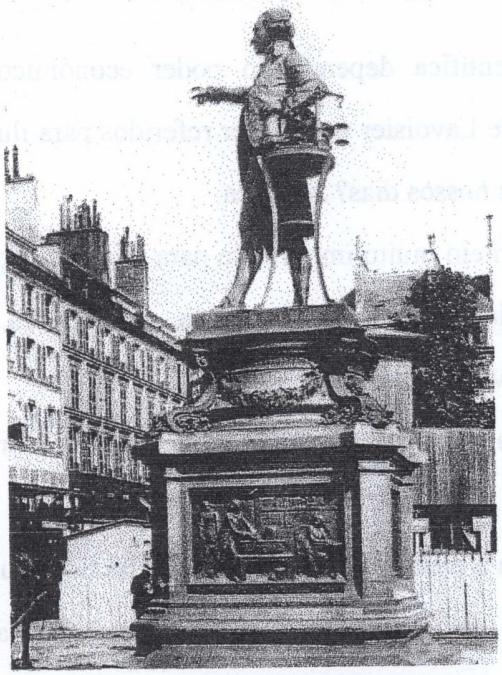
Lavoisier propagou as suas ideias e as da recente nomenclatura no novo periódico "Annales de Chymie", já que o "Observations sur la Physique, sur l'Histoire Naturelle et sur les Arts", dificultava a publicação de artigos provenientes dos apoiantes da nova teoria.

Vivia-se o período da Revolução Francesa. A primeira reacção dos *leaders* da comunidade científica à Revolução foi de aproveitar a oportunidade para criar o sistema métrico não somente para sua própria vantagem mas igualmente para o da sociedade e o de aplicar a ciência à tecnologia com o fim de conhecer os meios de desenvolver técnicas novas a partir das últimas descobertas ou teorias.

Com a idade de 50 anos Lavoisier foi decapitado por ser cobrador de impostos da monarquia. A 8 de Maio de 1794, imediatamente após a execução do sogro, tomou a sua vez na guilhotina. Contudo, ele próprio afirmara, em 1791: "Toda a juventude aceita a minha nova teoria, e por isso concluo que a revolução em química está feita".



Decapitação de Lavoisier a 8 de Maio de 1794



Monumento em honra de Lavoisier construído em 1900 em Paris e destruído em 1940 sob a ocupação alemã.

Questões:

1 - Qual é a explicação de Lavoisier para a combustão?

2 - As hipóteses de Lavoisier não invalidaram de imediato a teoria do flogisto. O que foi necessário para a substituição definitiva de uma teoria por outra? Indica aspectos que contribuíram para a implementação da nova teoria.

3 - De que recursos se serviu, quando já estava convicto da supremacia da sua teoria sobre a do flogisto "para propagar as novas ideias"?

4 - Embora Lavoisier tivesse sido o grande impulsionador, podemos pensar que o desenvolvimento da teoria do Oxigénio é devida exclusivamente a Lavoisier?

5 - O texto fala da descoberta da substância química - oxigénio. A quem se atribui tal descoberta? Justifica.

6 - Que aspectos deve ter uma teoria nova sobre a teoria anterior que é substituída? Ilustrar com o caso das duas em confronto.

7 - Os instrumentos e as técnicas foram decisivas para o êxito da nova teoria do oxigénio. Explica porquê?

8 - A investigação científica depende do poder económico e político. Que aspectos, relativos ao tempo de Lavoisier podem ser referidos para ilustrar a afirmação? Tal aspecto estará alterado nos nossos dias? Justifica.

9 - A experiência é um meio muito importante para a investigação científica. Que experiência reforçou a teoria do oxigénio para as combustões, que permitiu a consolidação da Lei da conservação da massa?

10 - Parece-te que ficou definitivamente estabelecida uma teoria explicativa das combustões? Porquê?

11 - Como é que se fazia a comunicação entre cientistas no século XVIII? Refere-te a casos concretos retirados do texto. Manter-se-á a mesma forma de comunicação entre cientistas e de divulgação de resultados de investigação nos dias de hoje?

12 - Lavoisier foi um grande cientista mas não trabalhou isoladamente. Nomeadamente a sua esposa estava sempre presente no laboratório. Que contribuições advêm dos seus colaboradores?

Actividades Complementares

Propostas:

1 - Faz uma pesquisa Bibliográfica para ampliares os teus conhecimentos sobre Lavoisier, a sua vida e a sua obra, no seu tempo. Podem fazer uma divisão de temas e partilhá-los depois, organizando um livro sobre o assunto.

2 - Haverá alguma ligação entre Lavoisier, a sua vida profissional e a sua investigação?

3 - Uma comunidade científica é decisiva na aceitação das novas ideias. Imagina um diálogo entre Lavoisier e um ou mais membros da Academia das Ciências de Paris. Podes fazer dramatização, escolhendo algum elemento de caracterização para as personagens.

DOCUMENTO A10 - FICHA EXPERIMENTAL 4

Introdução

A ideia de conservação da massa nas reacções químicas foi amadurecendo na cabeça de Lavoisier na sequência da sua nova teoria do oxigénio que explicava com mais consistência as reacções de combustão.

Foi principalmente, como já vimos, depois do encontro com Priestley, e a partir das suas experiências sobre a água que ele estabeleceu com mais precisão o **Princípio da Conservação da Massa** que podemos agora tomar como lei e por isso é conhecida também com o nome de Lei de Lavoisier.

Será que a conservação da massa ocorre noutras reacções químicas, além das combustões?

E será que uma só experiência é suficiente para estabelecer uma Lei?

Indicações

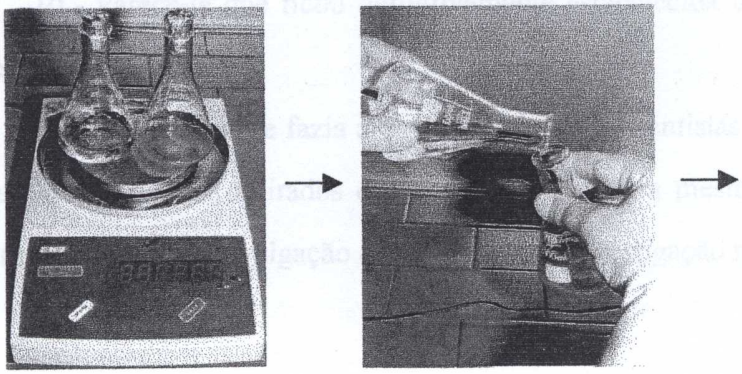
Vamos realizar a seguinte actividade experimental. Ler até ao fim a proposta que é apresentada. Discutir com o grupo as situações que vão surgindo e com o professor alguma dúvida intransponível ou alguma dificuldade. Além das respostas às questões indicadas no final, preparar um registo para comunicar os resultados, posteriormente, à turma.

Material de laboratório e reagentes

Balança; 2 erlenmeyeres; 2 rolhas

solução de sulfato de cobre e solução de hidróxido de cálcio (água de cal)

Procedimento



De acordo com o esquema da figura:

1- Num erlenmeyer deitar uma quantidade (volume) de uma das soluções.

2- No outro erlenmeyer deitar uma quantidade (volume) aproximadamente igual do outro reagente.

3- Determinar a massa correspondente aos dois erlenmeyeres com as respectivas soluções.

4- Misturar o conteúdo de um dos erlenmeyeres com o do outro e agitar.

5- Determinar novamente a massa do conjunto.

Questões

1 - Por que se mantém o copo vazio sobre o prato da balança?

2 - É necessário tapar os balões de erlenmeyer com rolha? Porquê?

3- O que se observa no erlenmeyer onde foram reunidas as duas soluções? Quais são os indicadores de que ocorreu reacção química?

4- Sabendo que se forma na reacção sulfato de cálcio e hidróxido de cobre escreve o esquema (equação de palavras) que representa a reacção química ocorrida.

5 - Poder-se-á concluir que a massa se conservou na reacção química? Justificar. Os resultados da actividade experimental respondem à questão inicial da ficha?

6- Preparar um registo para comunicar os resultados à turma.

DOCUMENTO A10 - FICHA EXPERIMENTAL 5

Introdução

A ideia de conservação da massa nas reacções químicas foi amadurecendo na cabeça de Lavoisier na sequência da sua nova teoria do oxigénio que explicava com mais consistência as reacções de combustão.

Foi principalmente, como já vimos, depois do encontro com Priestley, e a partir das suas experiências sobre a água que ele estabeleceu com mais precisão o **Princípio da Conservação da Massa** que podemos agora tomar como lei e por isso é conhecida também com o nome de Lei de Lavoisier.

Será que a conservação da massa ocorre noutras reacções químicas, além das combustões?

E será que uma só experiência é suficiente para estabelecer uma Lei?

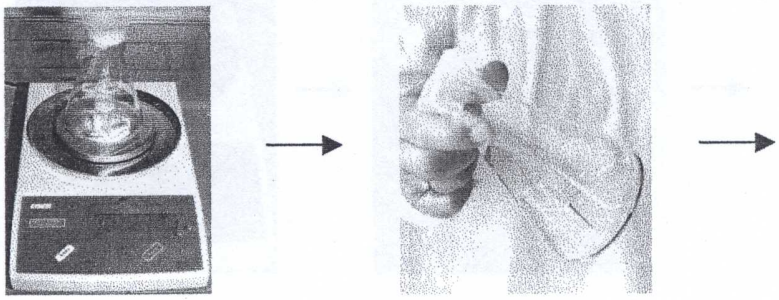
Indicações

Vamos realizar a seguinte actividade experimental. Ler até ao fim a proposta que é apresentada. Usar óculos de protecção e bata. Não tocar com as mãos nos reagentes (o ácido é corrosivo). Discutir com o grupo as situações que vão surgindo e com o professor alguma dúvida intransponível ou alguma dificuldade. Além das respostas às questões indicadas no final, preparar um registo para comunicar os resultados, posteriormente, à turma.

Material de laboratório e reagentes

Balança; erlenmeyer; espátula; pinça; tubo (frasco) pequeno de fundo plano; balão de borracha (ou outra forma de vedar); ácido clorídrico; carbonato de cálcio (pó de mármore, por exemplo)

Procedimento



De acordo com o esquema da figura:

1- No fundo do erlenmeyer colocar uma pequena quantidade de carbonato de cálcio.

2- No tubo pequeno deitar uma pequena quantidade de ácido clorídrico.

3- Colocar cuidadosamente, com ajuda de uma pinça, o tubo contendo o ácido clorídrico no fundo do erlenmeyer. Vedar a boca do erlenmeyer.

4- Determinar a massa correspondente ao conjunto.

5- Tombar o ácido sobre o metal.

6- Determinar novamente a massa do conjunto

Questões

1 - Porque é que se veda a boca do erlenmeyer?

2 - O que se observa após a junção das duas substâncias? Quais são os indicadores de que ocorreu reacção química?

3- Sabendo que se forma na reacção cloreto de cálcio, dióxido de carbono e água, escrever o esquema (equação de palavras) que representa a reacção química ocorrida.

4 - Poder-se-á concluir que a massa se conservou na reacção química? Justifica. Os resultados da actividade experimental respondem à questão inicial da ficha?

5- Preparar um registo para comunicar os resultados à turma.

DOCUMENTO A10 - FICHA EXPERIMENTAL 6

Introdução

A ideia de conservação da massa nas reacções químicas foi amadurecendo na cabeça de Lavoisier na sequência da sua nova teoria do oxigénio que explicava com mais consistência as reacções de combustão.

Foi principalmente, como já vimos, depois do encontro com Priestley, e a partir das suas experiências sobre a água que ele estabeleceu com mais precisão o **Princípio da Conservação da Massa** que podemos agora tomar como lei e por isso é conhecida também com o nome de Lei de Lavoisier.

Será que a conservação da massa ocorre noutras reacções químicas, além das combustões?

E será que uma só experiência é suficiente para estabelecer uma Lei?

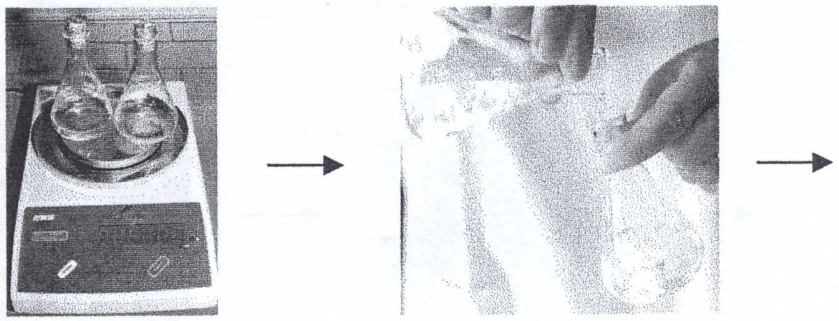
Indicações

Vamos realizar a seguinte actividade experimental. Ler até ao fim a proposta que é apresentada. Discutir com o grupo as situações que vão surgindo e com o professor alguma dúvida intransponível ou alguma dificuldade. Além das respostas às questões indicadas no final, preparar um registo para comunicar os resultados, posteriormente, à turma.

Material de laboratório e reagentes

Balança; 2 erlenmeyeres; 2 rolhas; solução de iodeto de potássio e solução de nitrato de chumbo

Procedimento



De acordo com o esquema da figura:

1- Num erlenmeyer deitar uma quantidade (volume) de uma das soluções.

2- No outro erlenmeyer deitar uma quantidade (volume) aproximadamente igual da outra solução.

3- Determinar a massa correspondente ao conjunto.

4- Juntar o conteúdo de um dos erlenmeyeres com o do outro.

5- Determinar novamente a massa do conjunto.

Questões

1 - Porque se mantém o erlenmeyer vazio sobre o prato da balança?

2 - É necessário tapar os balões de erlenmeyer com rolha? Porquê?

3- O que se observa no erlenmeyer onde foram reunidas as duas soluções? Quais são os indicadores de que ocorreu reacção química?

4- Sabendo que se forma na reacção iodeto de chumbo (amarelo) e nitrato de potássio (incolor e muito solúvel em água) escreve o esquema (equação de palavras) que representa a reacção química ocorrida.

5 - Poder-se-á concluir que a massa se conservou na reacção química? Justificar. Os resultados da actividade experimental respondem à questão inicial da ficha?

6- Preparar um registo para comunicar os resultados à turma.

DOCUMENTO A10 - FICHA EXPERIMENTAL 7

Introdução

A ideia de conservação da massa nas reacções químicas foi amadurecendo na cabeça de Lavoisier na sequência da sua nova teoria do oxigénio que explicava com mais consistência as reacções de combustão.

Foi principalmente, como já vimos, depois do encontro com Priestley, e a partir das suas experiências sobre a água que ele estabeleceu com mais precisão o **Princípio da Conservação da Massa** que podemos agora tomar como lei e por isso é conhecida também com o nome de Lei de Lavoisier.

Será que a conservação da massa ocorre noutras reacções químicas, além das combustões?

E será que uma só experiência é suficiente para estabelecer uma Lei?

Indicações

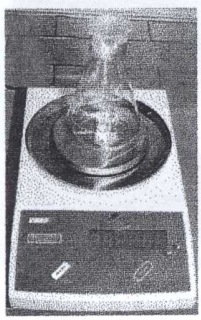
Vamos realizar a seguinte actividade experimental. Ler até ao fim a proposta que é apresentada. Usar óculos de protecção e bata. Não tocar com as mãos nos reagentes (o ácido é corrosivo). Discutir com o grupo as situações que vão surgindo e com o professor alguma dúvida intransponível ou alguma dificuldade. Além das respostas às questões indicadas no final, preparar um registo para comunicar os resultados, posteriormente, à turma.

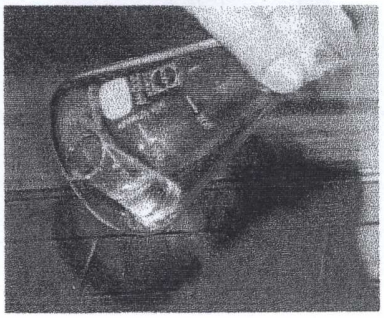
Material de laboratório e reagentes

Balança; erlenmeyer; rolha; pinça; tubo pequeno de fundo plano; balão de borracha ou outra forma de vedar o erlenmeyer.

Solução de ácido clorídrico; fita de magnésio

Procedimento





De acordo com o esquema da figura:

1- No fundo do erlenmeyer colocar fita de magnésio.

2- No pequeno tubo de fundo plano deitar uma quantidade de solução de ácido clorídrico.

3- Colocar cuidadosamente o tubo contendo o ácido clorídrico no fundo do erlenmeyer. Colocar o balão de borracha a vedar a boca do erlenmeyer (ou vedar de outra forma).

4- Determinar a massa correspondente ao conjunto.

5- Tombar o ácido sobre o metal.

6- Determinar novamente a massa do conjunto.

Questões

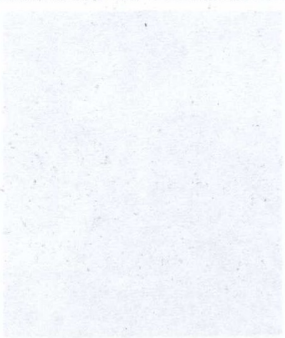
1 - Porque é que se veda o erlenmeyer?

2 - O que se observa após a junção das duas substâncias? Quais são os indicadores de que ocorreu reacção química?

3- Sabendo que se forma na reacção cloreto de magnésio e hidrogénio escrever o esquema (equação de palavras) que representa a reacção química ocorrida.

5 - Poder-se-á concluir que a massa se conservou na reacção química? Justificar. Os resultados da actividade experimental respondem à questão inicial da ficha?

6- Preparar um registo para comunicar os resultados à turma.



DOCUMENTO A10 - FICHA EXPERIMENTAL 8

Introdução

A ideia de conservação da massa nas reacções químicas foi amadurecendo na cabeça de Lavoisier na sequência da sua nova teoria do oxigénio que explicava com mais consistência as reacções de combustão.

Foi principalmente, como já vimos, depois do encontro com Priestley, e a partir das suas experiências sobre a água que ele estabeleceu com mais precisão o **Princípio da Conservação da Massa** que podemos agora tomar como lei e por isso é conhecida também com o nome de Lei de Lavoisier.

Será que a conservação da massa ocorre noutras reacções químicas, além das combustões?

E será que uma só experiência é suficiente para estabelecer uma Lei?

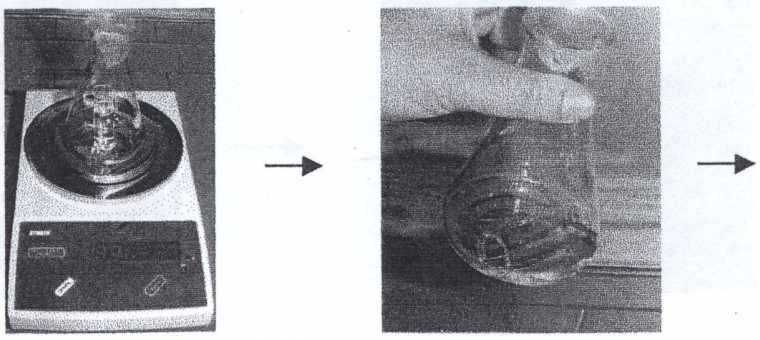
Indicações

Vamos realizar a seguinte actividade experimental. Ler até ao fim a proposta que é apresentada. Usar óculos de protecção e bata. Eventualmente colocar máscara ou trabalhar com protecção (nicho, por exemplo). Não tocar com as mãos nos reagentes nem respirar directamente o gás formado (o ácido é corrosivo e o gás libertado tóxico). Discutir com o grupo as situações que vão surgindo e com o professor alguma dúvida intransponível ou alguma dificuldade. Além das respostas às questões indicadas no final, preparar um registo para comunicar os resultados, posteriormente, à turma.

Material de laboratório e reagentes

Balança; erlenmeyer; rolha; pinça; frasco pequeno de fundo plano;
solução de ácido azótico; aparas de cobre finas

Procedimento



De acordo com o esquema da figura:

1- No fundo do erlenmeyer colocar as aparas de cobre.

2- No frasco pequeno deitar uma pequena quantidade de solução de ácido azótico.

3- Vedar o melhor possível o erlenmeyer e determinar a massa do conjunto.

4- Tombar o ácido sobre o metal (relembrar que os vapores de óxido de azoto formados não se devem respirar).

5- Determinar novamente a massa do conjunto.

Questões

1 - É necessário tapar o erlenmeyer? Porquê?

2 - O que se observa no erlenmeyer após a junção das duas substâncias? Quais são os indicadores de que ocorreu reacção química?

3- Sabendo que se forma na reacção óxido de azoto, nitrato de cobre e água, escrever o esquema (equação de palavras) que representa a reacção química ocorrida.

5 - Poder-se-á concluir que a massa se conservou na reacção química? Justifica. Os resultados da actividade experimental respondem à questão inicial da ficha?

6- Preparar um registo para comunicar os resultados à turma.

DOCUMENTO P1

Sobre o TEXTO 1: "Uma teoria para interpretar as reacções químicas de combustão"

Objectivos:

- Aperceber-se que uma teoria científica pretende ser explicativa e interpretativa.

- Organizar o esquema conceptual da teoria do flogisto.

Indicações metodológicas:

O texto poderá ser lido em silêncio e individualmente.

Para orientar o trabalho poderá propor-se aos alunos:

- sublinhar os aspectos que consideram dar resposta às questões que são pedidas.

- discutir as ideias em grupo.

- organizar as respostas no grupo.

- deixar liberdade para que aqueles que não concordem com as propostas do grupo organizem o próprio esquema a apresentar individualmente.

Aquando da apresentação das ideias dos alunos o professor deve:

- ressaltar a importância de ouvir os outros, com respeito, embora podendo opor-nos às suas ideias.

- pedir fundamentação para as ideias, com base no texto.

Comentários às questões do Texto:

R1: Pretende-se que os alunos retirem do texto o conceito de combustão que aí é apresentado como o resultado de os materiais perderem o seu flogisto e identifiquem que as substâncias que são combustíveis é devido ao facto de conterem esse princípio inflamável chamado flogisto, que perdem ao entrarem em combustão, originando fumos, calor ou chama e deixam como resíduo uma "cal".

R2: Esta questão tem a intenção de ajudar os alunos a organizar as relações conceptuais de uma teoria fazendo sobressair os princípios em que se apoia e a sua estrutura interna explicativa coerente.

Nos esquemas dos alunos deverá ser perceptível que, de acordo com esta teoria do flogisto os princípios mais simples dos corpos são a água e a terra, sendo que desta existem três espécies que determinam o comportamento dos materiais: a vitrificável, liquidificável, e a inflamável ou flogisto. Os metais são mais complexos que as "cales" (óxidos) que originam por combustão libertando o flogisto (os materiais ficam mais pesados após a combustão por libertarem o flogisto, princípio de leveza que os torna mais leves).

R3: Pretende-se que os alunos tomem consciência das ideias que avançaram e a coerência interna da teoria. É importante que os alunos afirmem ou rejeitem a sua adesão à teoria para posteriormente poderem comparar a alteração da teoria e compreender a evolução dinâmica da ciência, que implica formas de pensar radicalmente afastadas. A teoria do flogisto, no seu tempo, gozou de muitos apoiantes e era considerada adequada para explicar os fenómenos conhecidos. O professor deve registar as ideias dos alunos para depois, após o conjunto de actividades desenvolvidas poder orientar os alunos para um confronto entre o que então defendiam e apoiavam e o que vieram a compreender sobre a supremacia da teoria do oxigénio em relação à do flogisto. Fazer o paralelo com o processo, por vezes igualmente difícil, de adesão dos cientistas às novas propostas.

Actividades Complementares:

É desejável que os alunos ampliem os seus conhecimentos de História da Ciência, relacionando as vertentes social, política, económica e o desenvolvimento científico.

Caracterizando tais aspectos da Idade Média ganha mais sentido e identidade a teoria proposta para a explicação das combustões.

DOCUMENTO P 2

Sobre a Ficha de Trabalho Experimental 1

Objectivos:

- Fazer previsões com base numa teoria que se aceita.

- Interpretar as experiências à luz da teoria aceite.

Indicações metodológicas:

Parece mais aconselhável usar "Demonstração", por questões de tempo e de organização. Essa modalidade de trabalho experimental não é impeditiva de serem feitas previsões pelos alunos relativamente a cada uma das situações apresentadas.

Eventualmente alguns alunos poderão entrar em confronto de ideias; o professor deve organizar as intervenções dos alunos exigindo sempre clarificação e justificação das ideias que são defendidas.

Atenção particular deve ser dada ao confronto dos resultados com as ideias que os alunos tinham retirado do texto 1

O professor deve dar indicações de como fazer registos úteis.

DOCUMENTO P3

Sobre o TEXTO 2 - "A caminho de uma teoria para interpretar as reacções de combustão"

Objectivos:

- Reconhecer a necessidade de uma teoria para guiar a experiência
- Compreender o processo de substituição de uma teoria por outra

Comentários às questões:

R1 - Dar conta de que logo no início do capítulo X, antes propriamente da descrição da experiência, Lavoisier faz referência às suas suspeitas que constituíram o ponto de partida, a hipótese condutora, para a experiência com o fósforo e que é descrita. É importante reparar no papel da experiência que é guiada pela hipótese. Na experiência descrita, no vazio, o fósforo é aquecido até à temperatura a que funde e sublima (vaporização), mas mantendo-se a mesma substância (chamar a atenção de que se trata de uma transformação física). Na ausência do ar não entra, pois, em combustão.

R2 - Com esta questão pretende-se chamar a atenção dos alunos para questões de metodologia científica. As suspeitas dos cientistas começam a ganhar força e consistência e as ideias que as sustentam conduzem à experiência. Estas não são o ponto de partida, o que não lhe retira importância no processo investigativo.

Lavoisier deixa perceber que é conduzido para as suas experiências por ideias anteriores, que funcionam como hipóteses e as guiam. Ficamos a perceber que tais experiências são planeadas e rigorosamente conduzidas. É importante dar conta do rigor do trabalho de investigação e da minúcia dos registos onde os pormenores se poderão vir

a tornar mais importantes que os aspectos evidentes. Daí que Lavoisier registe igualmente as reflexões que lhe ocorrem da realização das experiências.

Um outro aspecto que deve ser referido é o rigor das medições que são efectuadas (reparar nas unidades de massa e de comprimento usadas)

R3 - Lavoisier parte da ideia de conservação da massa e da ideia de que é o ar, ou parte dele, que é necessário para que se dê a combustão. As experiências, assim conduzidas por essa hipótese vêm ao encontro das ideias iniciais. Uma parte do ar é indispensável para a combustão dos metais, que assim se combinam com esse gás do ar para formar as respectivas "cales" (óxidos) que por isso se apresentam mais pesadas que o metal original. As experiências corroboram as suas hipóteses.

DOCUMENTO P4

Sobre a Ficha de Trabalho Experimental 2

Comentários às questões propostas:

R 1/2/3 - Possivelmente os alunos recordam esta situação experimental de anos anteriores, nomeadamente do 5° ano de escolaridade aquando do estudo da composição do ar e respondem com facilidade às questões iniciais. Relativamente à segunda questão deverão os alunos usar de rigor para determinar aproximadamente o volume ocupado pelo gás. Tal pode significar a ordem da fracção do volume total inicial e comparar com o que conhecem sobre a composição do ar.

R4 - Chamar a atenção para que uma única experiência não pode ser suficiente para corroborar ou infirmar uma hipótese. Lavoisier não dispunha das informações que temos hoje, que ele próprio nos ajudou a construir e portanto as suas hipóteses eram ideias que o conduziam nas suas realizações experimentais. Não dispunha, na fase da realização das combustões descritas, de uma teoria consolidada. Pelo contrário a teoria do flogisto estava ainda muito enraizada nos cientistas do seu tempo e que estudavam, como ele, os gases e as suas propriedades. Por outro lado existia ainda muita insegurança relativamente à composição do ar e suas proporções. Esta questão permite discutir a dificuldade da construção do conhecimento científico e afastar a ideia de que as descobertas são ocasionais e ocorrem de forma imediata e directa por sábios com estatuto de heróis. É importante compreender a dificuldade de alterar o saber estabelecido, aceite pela comunidade, o paradigma vigente como refere Kuhn.

R5 - Devem ser valorizadas as ideias e interpretações dadas pelos alunos, mas exigir justificações consistentes. Os erros podem ser valorizados e não omitidos ou corrigidos de imediato. Aliás, pode ser evidenciado o papel do erro na própria

construção do conhecimento científico. Os alunos possivelmente terão dificuldade em explicar de imediato a diferença de comportamento nas duas situações, diminuição de massa no algodão e álcool e aumento de massa no magnésio. Eventualmente, neste último, terão menos dificuldade. Deve-se permitir e incentivar o confronto de ideias entre alunos ou grupos de alunos com posições opostas mas exigindo argumentação completa.

R6 - É o início do planeamento experimental com base em teorias que se aceitam. Os alunos devem explicitar os princípios teoria que tomam como ponto de partida e compreender que é com base nessa teoria que se interpretarão os resultados obtidos. Eventualmente alguns alunos ainda poderão pensar que sempre aumenta a massa nas reacções de combustão, tomando como princípio que o oxigénio se combina com a substância que arde para formar um óxido (que tomam como sendo sempre sólido!). Devem, portanto, fazer previsões justificando-as.

O plano deve ser discutido com o professor.

DOCUMENTO P5

Sobre o TEXTO 3: "Uma nova teoria para interpretar as reacções químicas de combustão".

Objectivos:

Ampliar os conhecimentos dos alunos acerca de assuntos relacionados com a HQ

Fomentar aspectos de interdisciplinaridade História - Ciência

Desenvolver a capacidade de pesquisa autónoma

Indicações Metodológicas:

Sobre as Actividades Suplementares propostas:

Podem ser propostas, voluntariamente, para casa, para serem desenvolvidas individualmente ou em grupo. Dar algum tempo, incluindo por exemplo um fim de semana para a realização das tarefas.

DOCUMENTO P6

Sobre o TEXTO 4: "Lavoisier realiza a síntese da água. A conservação da massa nas reacções químicas"

Objectivos:

- Compreender a inter-relação Ciência e Tecnologia
- Reflectir sobre o papel da comunidade científica.

Comentários às questões:

R1 - A experiência vem corroborar as ideias iniciais expressas no princípio de conservação da matéria tomado por Lavoisier. O resultado que obtiveram, 100 partes em peso (entenda-se massa), de água, são compostos por 85 partes de oxigénio e de 15 de hidrogénio. Nesta altura os dois gases já são identificados pelos nomes que lhes conhecemos e a composição da água ficou determinada de forma rigorosa.

R2 - Nesta questão deve ser referido que a evolução da técnica condiciona a da ciência e vice-versa. Estas experiências foram possíveis devido ao contributo de muitos técnicos de grande competência a quem Lavoisier teve que pagar os serviços. Foi necessário conceber aparelhos novos para a combustão da água e obter os gases praticamente puros.

O laboratório de Lavoisier era muito bem equipado de acordo com as experiências a serem realizadas. Contava já com material sofisticado para a época mas naturalmente que muito diferente do que actualmente equipa os laboratórios de investigação em Química. A balança era um dos objectos mais importantes, bem como gasómetros e a máquina pneumática. Nele se realizavam com muito rigor as experiências planeadas para dar respostas às questões que iam sendo postas. Foi necessário resolver muitas questões

técnicas antes de poderem avançar para a demonstração pública da experiência perante grande número de membros da Academia.

R3 - O que nesta questão deve ser realçado é o papel da Academia na certificação do conhecimento científico. As comunidades científicas têm um papel de filtros à aceitação de novo conhecimento científico e Lavoisier necessitava de ser reconhecido e as suas teorias aceites e divulgadas pelo que, com os seus colaboradores, devia sujeitar-se ao aval da Comunidade científica do seu tempo protagonizada pela Academia das Ciências de Paris de que Lavoisier era membro. A divulgação do conhecimento científico é uma forma da sua aceitação mais extensa e rápida.

DOCUMENTO P 8

Sobre a Ficha de Trabalho Experimental 3

Objectivos:

- Compreender dificuldades da teoria do flogisto para explicar as reacções de combustão
- Planear experiências.
- Fazer registos cuidadosos e úteis.
- Compreender a necessidade de controlar variáveis

Indicações metodológicas:

Propõe-se Trabalho de Grupo; o número de alunos desejável em cada grupo é de 4. Usando a aula de turno (metade dos alunos da turma) parece exequível a formação de grupos de 4 alunos.

Comentário:

É importante que os alunos percebam que uma hipótese não fica confirmada com uma simples experiência escolar (Gil *et al* 1991) É conveniente referir os apoios já evidenciados por muitas situações científicas, altamente controladas e com percursos experimentais mais precisos, bem como a sua enorme coerência no âmbito de uma teoria. Daí a importância do uso da História da Ciência no ensino da Ciência.

Convém utilizar a experiência para insistir e alertar os alunos para o perigo de generalizações apressadas e acríticas baseadas no senso comum. Situações como esta podem ajudar a compreender melhor aspectos relacionados com a metodologia científica. Há que contar sempre com erros inerentes aos sistemas e às pessoas, que vão sendo eliminados porque tornados conscientes e não porque ignorados.

No registo a efectuar pelos alunos deve constar o problema, como foi colocado, a hipótese ou hipóteses emitidas, o *design* experimental... Tal aspecto deve colocar-se nas situações práticas, para que os alunos tenham uma visão de conjunto e uma compreensão das distintas actividades que se têm que realizar numa investigação para não correr o risco de ser entendido como uma mera ilustração e reter apenas o resultado acrítico. Os alunos, além disso, habituam-se a efectuar registos por escrito e de forma ordenada, desenvolvendo simultaneamente o domínio da língua materna.

Comentários às questões da Ficha:

R1 - É importante que o aluno tenha previsto a conservação, ou não, da massa, antes e após a reacção e a realização da experiência tenha sido conduzida por essa ideia.

Na leitura do valor da massa na balança o professor deve certificar-se que os alunos compreendem bem e registam com cuidado os dados necessários para uma interpretação cuidada.

R2/R3 - A interpretação das situações deve referir-se ao sistema fechado. Desta forma, de modo evidente o aluno compreende a noção de sistema fechado e de sistema aberto. Evita-se assim expressões como "a massa conserva-se nas reacções químicas em sistema fechado" que por vezes surgem nos manuais escolares, que podem ser comentadas com os alunos.

R4/R5 - Relacionar com o desenvolvimento da tecnologia, técnica de fabrico de materiais e instrumentos, com a colaboração de técnicos com muita perícia no fabrico de instrumentos de precisão, com o desafogo económico de Lavoisier que permitiu investir somas consideráveis no fabrico de tais instrumentos e na contratação de técnicos especialistas, nomeadamente Fortin.

O laboratório de Lavoisier é muito diferente dos Laboratórios dos Químicos anteriores e principalmente dos Alquimistas embora seja igualmente muito diferente dos laboratórios de investigação em Química, na actualidade.

É uma oportunidade para o professor mostrar reproduções de alguns dos objectos e das montagens experimentais idealizados e usados por Lavoisier e que sua mulher desenhou e eventualmente imagens de laboratórios de investigação da actualidade

DOCUMENTO P9

Sobre o TEXTO 5: "Percurso da alteração de uma teoria científica: A interpretação das Reacções de Combustão e a Lei da Conservação da Massa"

Objectivos:

- Avaliar a importância da História da Ciência
- Entender o cientista como pessoa, no seu tempo
- Compreender o sentido dinâmico da construção da Ciência
- Reflectir sobre o papel da comunidade científica
- Compreender a relação entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade
- Compreender o processo de substituição de uma Teoria por outra.

Indicações metodológicas:

O texto pode ser dado aos alunos para levarem para casa a fim de disporem de mais tempo para lerem individualmente. Na aula, juntam-se em grupos para discutirem e elaborarem um Documento para apresentação das ideias do grupo (ou individuais).

Comentários às questões referentes ao Texto:

R1 - No final pode confrontar-se com a resposta à questão da ficha inicial e verificar da incompatibilidade de teorias opostas se cruzarem porque partem de princípios diferentes (problema da incomensurabilidade de Kuhn)

R2 - Esta questão tem a intenção de poder levar os alunos a compreenderem que uma teoria nunca é abandonada de imediato. Em relação à teoria anterior "é preciso esperar que os seus apoiantes morram".

Um dos aspectos mais importantes para a implantação de novas é teorias passa pela aceitação na comunidade científica e pela sua adequada divulgação. Alguns dos meios de que Lavoisier se serviu passaram por discussões sustentadas na Academia,

publicações diversas em Revistas existentes, publicação do livro "Traité Élémentaire de Chimie", criação de uma nova Revista Científica, correspondência com cientistas da Europa...

R3 - Uma teoria não é abandonada só porque alguns factos experimentais não se conseguem explicar por recurso aos seus princípios. Vão sendo avançadas hipóteses auxiliares que tentam manter de pé a velha teoria em decadência. Veja-se a explicação que Cavendish forneceu para a separação da água nos seus constituintes, numa fase em que a teoria do Oxigénio já se sobrepunha à anterior.

R4 - Alguns alunos poderão atribuir a descoberta do oxigénio a Priestley enquanto outros a atribuem a Lavoisier.

Entre o isolamento do gás e a sua caracterização vai uma grande distância. Os alunos devem apreciar o contributo de Priestley, aperceber-se de que Lavoisier conhecia os trabalhos do químico Inglês, e compreender a dificuldade que há em por vezes atribuir a uma só pessoa, num dado momento, uma descoberta científica. Além disso Lavoisier também não trabalhava isoladamente mas sim rodeado de colaboradores e técnicos e ainda com a esposa desenhando, tomando notas e traduzindo documentos.

R5 - Explicar o que a anterior explicava e aumentar o poder explicativo. Deve ainda possuir um bom nível, e boa capacidade de previsão.

R6 - Lavoisier estava rodeado dos melhores fabricantes de instrumentos científicos do seu tempo. Por exemplo Fortin, o construtor de barómetros e de balanças. O seu poder económico tornavam viáveis as despesas com equipamento, considerado sofisticado para a altura. Só tal aspecto permitiu um grande avanço na ciência. Por sua vez a necessidade de aparatos técnicos sofisticados conduziu ao desenvolvimento instrumental.

R7 - Nos nossos dias continuam a depender mutuamente uma da outra, a ciência e a tecnologia, ditando cada uma, desenvolvimentos na outra. Os laboratórios dos nossos dias são muito sofisticados mas em estreita relação com o desenvolvimento tecnológico do nosso tempo. A Ciência depende, em larga medida do poder político, por exemplo

pela aprovação para financiamento, de projectos considerados pelo poder político como prioritários.

R8 - A composição e decomposição do óxido vermelho de mercúrio; a composição e decomposição da água. A possibilidade de controlo de variáveis...

R9 - É importante passar para os alunos a imagem da ciência em construção e não definitiva, não como conhecimento acabado e definitivo.

No caso das teorias explicativas para a combustão foram-se alterando até aos nossos dias (Oxidação; Oxidação-Redução...).

R10 - No século XVIII as comunicações já eram mais fáceis do que em épocas anteriores. O papel das Academias científicas e a divulgação por meio de Revistas Científicas (algumas então nascentes) bem como a correspondência entre cientistas de países afastados e as visitas frequentes aos respectivos laboratórios. No nosso tempo o caudal de informação é muito grande e daí a proliferação de revistas científicas, bem como outros meios, nomeadamente a Internet/correio electrónico.

R11 - Lavoisier, como qualquer outro cientista não trabalhou isoladamente. Parte de situações já descritas, necessita de discussão e de confronto das suas ideias com outros cientistas da sua comunidade. Necessita igualmente de técnicos e de instrumentos. No caso da esposa de Lavoisier, ela desenhava-lhe os objectos e instrumentos que ele imaginava, traduzia-lhe documentos anteriores e acompanhava-o no Laboratório.

Actividades complementares: são actividades de extensão que têm a função de ampliar o domínio do assunto, principalmente por alguns alunos. Na situação proposta pode dar origem a uma actividade colectiva que venha posteriormente a ser apresentada à turma ou à escola...

DOCUMENTO P10

Sobre as Fichas de Trabalho Experimental 4 a 8

Objectivos:

- Compreender o poder de previsão de uma teoria científica
- Fazer registos cuidadosos e úteis.
- Aplicar a lei da conservação da massa, em reacções que não são de combustão.
- Comunicar resultados
- Compreender o papel das comunidades científicas na certificação do conhecimento
- Modificar representações sobre Ciência

Indicações metodológicas:

Propõe-se Trabalho de Grupo; o número de alunos desejável em cada grupo é de 4/5. Usando a aula de turno (metade dos alunos da turma) parece exequível a formação de grupos com esse número de alunos. Os grupos podem realizar tarefas diferentes, comunicando no final as suas conclusões e discutindo os resultados com os colegas em aula de plenário, numa apresentação preparada. Se os grupos realizarem todos as mesmas pequenas tarefas, comparam e discutem, no final ou em aula seguinte, os seus resultados. Como refere Gil *et al.* (1991, 151) "se os grupos desenvolverem as mesmas tarefas ou tarefas convergentes, podem aproximar-se a uma característica fundamental do trabalho científico que passa pela insuficiência das ideias e resultados obtidos por um único colectivo e a necessidade de os comparar com os obtidos por outros, até que se produza suficiente evidência convergente para que a comunidade científica os aceite; daí a importância dos intercâmbios inter-grupos e a participação do professor como 'porta-voz de muitos outros investigadores'. Pôr em comum os resultados de cada actividade antes de passar à seguinte, permite ao professor reformular e sintetizar, se for necessário,

as aportações dos grupos, orientando ao mesmo tempo as actividade seguinte. Não se deve gastar muito tempo e podem utilizar-se diversas técnicas: uma transcrição simultânea das respostas dos diversos grupos no quadro, solicitar a resposta a um só grupo, resposta que os outros podem criticar, completar ou modificar ". No caso proposto, tratando-se de tarefas experimentais convergentes, considera-se mais conveniente o uso do retroprojector ou do quadro, para a apresentação dos resultados.

Aquando da comunicação dos grupos o professor deve incentivar os alunos a questionarem os colegas.

No final da sequência deve então organizar-se uma "recapitulação e perspectivas" (Gil *et al.* 1991) podendo depois elaborar 'produtos' finais, sob a forma de mapa conceptual, de resumo, de poster... que possa servir para mostrar eventualmente a outros colectivos (outras turmas, placard...).

Não fica erradicada a ideia de alteração de massa nas reacções químicas. Muitas vezes os alunos voltam a cometer o mesmo erro conceptual de pensar, noutra situação diversa, a ausência de conservação da massa. É necessário voltar frequentemente a discutir tal ideia e a analisar em reacções químicas posteriores a influência do sistema aberto ou seja a identificar sempre, nas reacções químicas a realizar, todos os reagentes e todos os produtos da reacção. Sugere-se também a escrita das equações de palavras. A escrita das equações químicas e o treino do acerto das equações, posteriormente, pode ajudar a consolidar a ideia da conservação da massa. É importante também que os alunos percebam a Lei da conservação da massa no âmbito da teoria (primeiro uma teoria independente da teoria atómica e posteriormente nela inserida). Tal pode mostrar a consistência dos conceitos para interpretar situações muito diversas.

Comentários às questões:

R1/2/3 - Com estas questões pretende-se chamar a atenção dos alunos para a necessidade de rigor.

Eventualmente surgirá a oportunidade de exploração e discussão de erros e dificuldades experimentais.

R4 - Esta situação tem a intenção de os alunos se darem conta, identificando-os, de todas as substâncias envolvidas nas reacções, distinguindo bem reagentes e produtos da reacção, com vista a compreenderem melhor, por um lado o próprio conceito de reacção química e por outro a ideia de conservação da massa.

R5 - Eventualmente surge a oportunidade para exploração e discussão de erros. Pode ocorrer que nem em todos os grupos se tenham obtido valores idênticos, antes e depois da reacção. Analisar então os princípios de partida, os processos experimentais de cada grupo. Discutir então a dificuldade de estabelecer resultados em definitivo mas estabelecendo as diferenças entre o processo de aula e os de investigação.

R6 - Incentivar os alunos a preparar um documento, o mais completo possível, para apresentar os resultados à turma e alertar para a exigência da comunidade (restante turma mais professor). Na discussão, aquando da apresentação, dar relevo às situações em que estão envolvidas substâncias gasosas e confrontar com o percurso histórico.

ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO CASTELO BRANCO OFERTA

Capítulo 6

Análise da Prática de Ensino das Professoras-Colaboradoras

6.1. Introdução

Tínhamos apresentado em capítulo anterior uma planificação epistemologicamente fundamentada que fora delineada para ser discutida e criticada com os professores colaboradores da 3ª Fase bem como o Programa de Formação construído para melhorar o conhecimento epistemológico e didáctico de tais professoras.

Pretende-se agora apresentar de forma narrativa mas crítica o modo como decorreu a implementação da sequência discutida e preparada com cada uma dessas professoras, de forma individual.

Analisamos as estratégias, as actividades, os materiais e outros recursos, numa perspectiva didáctica, epistemologicamente fundamentada no Quadro de referência teórico e tendo como guia orientador o Instrumento de Análise das Práticas de Ensino, já usado numa primeira fase deste estudo.

Pretende-se evidenciar a forma como cada uma das professoras se apropriou da planificação, mas principalmente da formação recebida, e as verteu na sua prática de ensino. Está igualmente em análise a potencialidade da planificação sugerida, embora se

tenha pretendido que a apropriação pelas professoras fosse um aspecto importante a ter em conta.

Principalmente, é ponto de análise a orientação epistemológica imprimida de modo a, através das potencialidades da História da Ciência, do Trabalho Experimental e da consideração da perspectiva CTS, passar para os alunos, não só os conceitos científicos mas igualmente imagens sobre uma ciência actual e de uma forma construtivista.

Tal análise, correspondente a uma fase de articulação do trabalho da investigadora com o trabalho de cada uma das professoras (fase de investigação-acção colaborativa) é depois cotejada com aquela apresentada no Capítulo 4 e referente a uma fase anterior à formação.

É principalmente a vertente epistemológica que está em análise, mas esta implementa-se numa prática pedagógica, em que a interacção entre professor e alunos e entre alunos, os métodos de ensino e outros aspectos pedagógicos, são ingredientes inseparáveis de uma prática de ensino que se pretende epistemologicamente sustentada. Para compreender uma, necessitamos de dar também atenção à outra, numa análise contextualizada.

Esta análise apresentada é apoiada nas transcrições que se encontram no Volume II. Tais descritivos ficam aquém da informação que os vídeos apresentam mas que por questão do anonimato que se garantiu não são divulgados (embora estejam abertos a escrutínio). Os protocolos escritos foram validados pelos respectivos professores como correspondendo às suas aulas (aos seus discursos). Para além das videogravações, obtivemos outro material de análise como cópias de acetatos usados pelas professoras, relatórios dos alunos, etc.

As próprias professoras tiveram depois acesso à análise efectuada sobre as suas aulas, uma vez que agora se trata de um processo reflexivo de formação em que a crítica é entendida na perspectiva construtiva e formativa, num processo em que os próprios estão envolvidos, mas principalmente empenhados.

6.2. Professora Colaboradora A-2

6.2.1. Análise da Prática de Ensino

O conjunto das seis aulas constitui uma sequência em que é notória a existência de um fio condutor que liga o assunto da primeira à última e com o interesse continuado dos alunos.

O início faz-se, de forma directa, pela questão que se vai manter presente até ao final do tema, tal como a professora anuncia, conferindo essa unidade ao assunto e à necessária metodologia de trabalho na aula: *"A pergunta que eu vos trago aqui para vocês me responderem... são vocês que vão responder... ao longo de algumas aulas que nós vamos dar... e é a seguinte"*. A questão é directa e claramente colocada: *"Haverá ou não conservação da massa nas reacções químicas?"*.

Tinham já tratado o conceito de reacção química, reforçando a ideia de transformação profunda na matéria, a noção de reagentes e de produtos da reacção e tal justifica que a questão possa ser colocada dessa forma directa. Os alunos pretendem uma resposta imediata da professora (é o hábito de os alunos obterem respostas imediatamente?) mas esta remete-os para o interesse de tal questão, também ao longo da história da ciência, o que implica que se pense no assunto de forma diferente. Passa em seguida para a interpretação dos termos e conceitos da questão: *"vamos interpretá-la"*, para se assegurar de que os termos são inteligíveis para os alunos, ganhando mais significado. Parecem compreender o que é uma transformação química: *"A- quando uma substância se altera e não continua a ser a mesma coisa. (...) Obtêm-se substâncias diferentes"*; representação de uma transformação química/equação de palavras, reagentes e produtos da reacção. Assegurando-se que os alunos compreendem o que é uma transformação química, voltam de novo à questão da conservação da massa, clarificando o termo "conservação" e esclarecendo a professora, por recurso a exemplos clássicos, a

diferença entre peso e massa que necessariamente se impõe nesta situação, no 8º ano (embora tenha feito uma referência à massa como número de partículas, sendo mais tarde intencionalmente rectificada para quantidade de matéria, fica claro que é uma grandeza que não depende da gravidade, se determina com uma balança de dois pratos, por comparação com outras massas).

Na clarificação do aspecto da conservação da massa nas reacções químicas, embora de forma fugaz, há um aspecto que pode aparentar ser, por um lado, uma forma muito linear de encarar o assunto, e por outro, uma valorização da experiência como forma de verificação: *"O que nós vamos agora estudar é ver a massa dos reagentes, depois ver a massa dos produtos da reacção e ver se é igual ou não, certo?"*; mas de seguida afasta-se dessa ideia e da forma linear que parecia anunciar. A professora esclarece que *"vamos percorrer um pouco o estudo dos cientistas ao longo dos anos da Química... onde a ciência nasceu nos finais do século XVII (9:00)"*. A este propósito questiona-se *"o que é uma ciência"*. Para os alunos *"é o estudo de qualquer coisa"* e é aqui que a professora parece sentir necessidade de recorrer à ideia de "método científico", clarificando aspectos que tal método pode ter, não enunciados como de uma sequência linear se tratando, mas deixando ênfase em alguns, aparentemente não indutivo mas sim de cariz mais racionalista e valorizando o papel/função da hipótese no percurso: *"Um cientista pensou, faz experiências, tira conclusões... aliás, põe hipóteses, não é? retira conclusões..."*. Com a participação dos alunos vão acrescentando alguns aspectos particulares e agora encaminhando-se para a consideração do método científico como "o método" que identifica a ciência. Há inclusivamente uma perspectiva de conclusão como "verdade". Tal aspecto não volta a ser referido nem as aulas são conduzidas a essa imagem! (parece haver um desfasamento entre um discurso e uma prática, em que a prática supera o discurso).

A clarificação do que é uma ciência é um aspecto didacticamente importante uma vez que se propõe fazer o estudo do assunto pelo percurso desde que a Química é

Ciência, identificando a teoria de Stahl como a primeira teoria química e identificando a Alquimia como não-ciência, principalmente pela diferença de objectivos.

Não há dúvida que a professora valoriza, no seu discurso para os alunos, o percurso pela História da Química, e assim justifica, por esse paralelo, o uso das reacções de combustão, também elas motivo e objecto de investigação por volta do século XVII. E para motivar, ou seja, criar contexto e importância ao estudo do tema, apresenta-se um conjunto de slides que, com a colaboração dos alunos, se vão comentando. São abordados aspectos diversificados, como sejam a importância e a diversidade dos combustíveis, em questões de economia, saúde, tecnologia, ambiente, vertentes positivas e negativas das combustões.

Volta a ser colocada a questão-guia, desta vez para que os alunos manifestem a sua opinião. Não é, contudo, pedido aos alunos para explicarem as suas posições. De qualquer modo surgem duas posições: que se mantém e que não se mantém!, que a professora, explicitamente, considera "hipóteses", atribuindo-lhes um valor de orientação para o percurso a desenvolver. Seria interessante a justificação apresentada pelos defensores de tais posições.

Em relação ao primeiro texto distribuído aos alunos a professora fornece indicações pedagogicamente sustentadas: explica o que vão fazer com o texto, orienta a forma de fazer a leitura, orienta para as respostas às perguntas do final com necessidade de as fundamentarem no texto. Tratando-se de alunos de 8° ano, necessariamente com poucos hábitos de leitura de textos em contextos diferentes das aulas de língua, tais indicações são preciosas para a compreensão do assunto. Nesta apresentação do Documento (Texto: Uma teoria para interpretar as reacções de combustão) perpassa uma imagem de validade temporal de uma teoria: *"Relata exactamente a teoria defendida na altura"*.

É notório o interesse dos alunos pelas atitudes manifestadas na leitura e em seguida na discussão que se gera nos grupos. Os alunos funcionam com autonomia, de forma ordenada, empenhados na discussão no grupo.

Como que não há interrupção de uma para a outra aula. A professora volta a referir-se ao texto como sendo *"um texto que espelhava a opinião da teoria de um cientista muito importante que estudou estas coisas... utilizando as reacções de combustão, no século XVII"*. Em seguida, uma vez que os alunos tinham discutido o texto em grupos e respondido às questões, na aula anterior, passam de imediato à apresentação, à turma, dessa discussão nos grupos. De novo orienta na forma de o fazerem, exigindo organização por parte dos alunos. É uma apresentação guiada pelas questões do final do texto, que tinham como objectivos que os alunos percebessem a coerência interpretativa de uma teoria, nesta situação, a do flogisto. A professora enfatiza a pergunta: *"De acordo com a teoria proposta por Stahl, o que é uma combustão?"*. Os vários porta-voz dos grupos vão dando as respostas resultantes da leitura e discussão e a professora vai organizando essas respostas no quadro, com a contribuição dos alunos. É notório que estes orientam as respostas pelo texto mostrando compreender o que é uma combustão *"segundo a teoria de Stahl e o que são, nesta teoria, considerados materiais combustíveis"*. A teoria do flogisto fica clarificada. Teria enriquecido esta compreensão fazer alguma contextualização histórica da época. Tal era, contudo, sugerido no final do texto como actividade complementar.

Para os alunos parece claro que estão a referir-se a uma teoria com validade temporal e situada no seu tempo (século XVII é várias vezes referido) para interpretar um fenómeno e para dar resposta a um problema: *"A- Para o Stahl a combustão acontece quando as substâncias combustíveis perdem o seu flogisto"*.

Os alunos também não têm dificuldade em construir esquemas que servem de modelo à teoria do flogisto. Surgem diversos, na forma, que são interpretados pelos autores e/ou pela professora, sendo claro que respeitam a uma teoria identificada: *"P-*

Vamos então agora à pergunta dois. Era uma proposta para cada grupo organizar um esquema sobre a teoria das reacções de combustão proposta por Stahl.". Os alunos organizam esquemas coerentes da teoria do flogisto. Defendem os seus esquemas. Há um grande respeito pelas várias propostas exigindo-se contudo coerência com a teoria apresentada. Por exemplo, um dos grupos introduz "O_2" no seu esquema e é contestado por não ser coerente, gerando alguma discussão. Seria uma oportunidade para tornar mais explícito o próprio conceito de teoria e a sua validade temporal e a sua relação com os contextos históricos, sociais e outros. De qualquer modo é sempre reforçada a ideia de que é *"segundo Stahl"* e se refere *"à opinião deste cientista importante do século XVII".*

Parece ser notório que os alunos compreendem a noção de coerência e o poder interpretativo de uma teoria pela leitura do texto. Foram, assim, as questões do texto que guiaram e conduziram a aula.

A questão inicial volta a ser reposta, agora enquadrada por uma teoria. A questão é discutida, embora nenhum aluno refira a interpretação das reacções de combustão tal como, eventualmente, as conhece, com intervenção do oxigénio. Será que conhecem?

A professora começa a fazer surgir algumas dificuldades/paradoxos da teoria de Stahl, na discussão, exigindo aos alunos que clarifiquem bem a teoria, quase que os provocando, na sequência de ter reposto a questão a que procuram responder: *"(23:00) O flogisto sai na combustão. Qual era a opinião de Stahl acerca disto? Qual é... a teoria de que saía qualquer coisa e a substância ficava mais pesada? Ele dizia que o flogisto era o quê?"*

São assim introduzidas, ao de leve, as dificuldades de uma teoria que há-de cair, por incoerências e incapacidades.

Esta é a forma como se vai fazer a passagem para a realização das combustões de três materiais diferentes. Torna-se necessário. A experiência parece poder ser encarada como tendo dois papéis: há discussão e dúvidas, mas conhecem uma teoria que permite fazer previsões *"e então vamos ver... se isso é verdade ou não!"* (no âmbito de uma

teoria). Eventualmente surge como tendo um papel confirmatório, (porém, são introduzidas questões com a própria teoria, e não se trata de simples confirmação). Dada a natureza da questão, é escolhida a forma de demonstração. A professora volta a clarificar, num posicionamento de imagem racionalista, que se conhece uma teoria:

> *Então meus amigos, Stahl propôs que, por combustão, a massa das substâncias (o aluno já está junto da professora) ou seja, a massa dos reagentes, por combustão, era menor que a massa dos produtos de reacção, é ou não é?"* e continuam a interpretar: *"Porque por combustão as substâncias perdem o flogisto e ficam mais pesadas. É ou não é? Certo? (25:00) E é isso que nós aqui podemos fazer com a experiência*

Passam em seguida, orientados por uma ficha de trabalho experimental, para as previsões, com base na teoria: *"Agora que já sabem a teoria de Stahl podemos fazer previsões"*. Não tinham surgido outras teorias, outras interpretações, o que é empobrecedor.

Os alunos têm o protocolo, embora se trate de demonstração em que um aluno colabora com a professora. De qualquer modo, e por se tratar de 8º ano e os alunos terem pouca vivência de autonomia, parece importante que assim seja, a professora orienta os alunos: lê a introdução acentuando algumas palavras e explica pormenorizadamente o seguimento do protocolo, orientando o registo.

Insiste muito nas previsões sobre o que vai acontecer à massa em cada uma das situações. Em relação às combustões do algodão e ao álcool, os alunos que se manifestam prevêem todos diminuição da massa. As opiniões divergem relativamente à palha de aço: aumenta e mantém-se. Embora a professora peça explicações ao aluno que avançou tal previsão, *"em que é que tu te baseaste, explica lá"*, a professora acaba por aceitar com muita facilidade a resposta do aluno: *"é intuição"*.

As previsões avançadas são registadas *"antes de podermos ver se as nossas previsões coincidem com a realidade"*: Neste excerto, e numa leitura epistemológica, parece vir ao de cima que a palavra 'ver' não encerra propriamente uma orientação

epistemológica centrada na experiência embora necessariamente se valorize após a clarificação de um enquadramento teórico. Outro aspecto é o termo 'realidade': coincidir com a realidade, parece, neste contexto experimental, comparar as previsões feitas com os resultados que vierem a ser obtidos, não conotamos com um realismo dogmático ou, inclusivamente, ingénuo, mas com uma corroboração da previsão feita.

Durante a realização da tarefa experimental a professora é muito cuidadosa e exigente em termos de rigor, nomeadamente do ponto de vista operativo, explicando passo a passo o procedimento (uma vez que se trata de demonstração) e em termos de segurança, por exemplo. Surge uma das habituais ideias dos alunos *"o álcool evapora"* e a professora intencionalmente desmonta, para clarificarem que a evaporação é uma mudança de estado e que a combustão é uma transformação química.

É notório o interesse dos alunos, que o manifestam.

A professora inicia a aula seguinte esclarecendo porque é que realizaram as experiências tendo a questão-guia por ponto de partida e uma teoria conhecida. É uma imagem de valorização da teoria, das questões orientadoras e da experiência, naturalmente.

Há uma reorganização da questão, como se fosse esta a questão central que movia o cientista Stahl, a dúvida da conservação ou não da massa, que parece ser orientada por uma preocupação pedagógica que é diferente da preocupação científica (aos professores é difícil fazer a total diferença). Necessidade de fazer o ponto da situação: *"O que é que Stahl achava? Que havia conservação da massa nas reacções químicas ou não?"*. Talvez centre muito na conservação da massa, nos conteúdos! Mas passa, sem dúvida, uma imagem de teoria como esquema de pensamento e de princípios, organizado e com poder interpretativo. E a ideia da grande coerência da teoria de Stahl, no seu tempo, para interpretar reacções químicas, de combustão em particular. O papel da experiência, quando muito, é do tipo popperiano, de poder refutar a teoria! Aliás a professora parece

procurar, lentamente, a forma de fazer a teoria do flogisto cair e talvez lhe pareça que pelo papel refutacionista da experiência o poderá fazer?

Na interpretação dos resultados das experiências realizadas e das observações feitas a teoria continua a estar presente: *"Aumentava... ligeiramente, mas aumentava. Foi o que nós vimos. Ora então se o Stahl..."*. Há uma situação de considerar os erros como admissíveis nos cientistas o que imprime à ciência uma dinâmica de transitoriedade:

> *A- (Stahl) só trabalhava com metais!*
> *P- Só com metais... isso se calhar... aí... enfim... foi um erro dele, não é? Porque a combustão não existe só nos metais... E ele se calhar só trabalhou com os metais... e portanto se calhar até verificou exactamente aqui o que aconteceu com a palha de aço... porque esta foi a única combustão, a da palha de aço, que estava de acordo com a teoria de Stahl, não é?*
> *A- Que era o metal.*

Na sequência deste aspecto é reforçada a imagem de teoria como algo efémero, e a experiência como tendo um papel "demonstrativo" que significa, no contexto, corroborando ou não as previsões da teoria.

Nesta impossibilidade e incapacidade interpretativa da teoria do flogisto perante as situações tratadas, o terreno é propício para prever um caminho regressivo para esta teoria enquanto outra começa a avançar. Quando se começou a tentar ampliar o poder interpretativo da teoria ela começou a mostrar as suas limitações. Lavoisier, apresentado como tendo-se iniciado na química flogística, começou a suspeitar da incapacidade de tal teoria para a interpretação das reacções químicas de combustão, e é essa a imagem que passa:

> *que se inspirou em Stahl e que fez este tipo de experiências e que verificou que efectivamente a teoria de Stahl não se verificava ou... não estava correcta... ou não se verificava para todo este tipo de situações...(...) começou a estudar este assunto, não é? de acordo com outras hipóteses*

É assim a altura de introduzir um novo texto que a professora apresenta como sendo *"apontamentos do caderno de laboratório de Lavoisier"*. Mostra imagens das montagens técnicas aperfeiçoadas de Lavoisier, refere-se ao papel de grande apoio da sua mulher no Laboratório e às suas qualidades de desenhadora.

Refere-se ainda a esse caderno de laboratório fazendo referências à forma de trabalho dos cientistas: *"os cientistas têm sempre um caderno de laboratório onde apontam tudo... e onde têm os seus desenhos"*.

Ainda em relação a aspectos de metodologia científica e da forma de trabalho de Lavoisier a professora esclarece: *"Lavoisier depois de investigar a opinião de Stahl pôs... começou a pôr questões..."*, na ideia de que muitas vezes assim se inicia uma investigação científica. Introduz deste modo a pertinência do texto: "A caminho de uma nova teoria para interpretar as reacções de combustão", de novo orientando os alunos na leitura. É um aluno que faz a leitura em voz alta, numa outra forma, o que é pedagogicamente interessante. Os alunos estão muito calmos e atentos. A professora interrompe algumas vezes o aluno que lê, para esclarecer aspectos e termos, como as unidades utilizadas (*gros* e *grains*), aspectos relacionados com a precisão com que Lavoisier realizava as suas medições, ou outros relacionados com aspectos técnicos das experiências. Todos esses aspectos realçados contribuem para a compreensão da alteração de uma teoria. São aspectos de pormenor que se tornam importantes na desmontagem de uma teoria que dará lugar a outra.

Os alunos parecem seguir o esquema de alteração. Atenção particular é dada à utilização de recipientes fechados na realização das combustões, que conduz ao início da compreensão da diferente forma de interpretar as reacções de combustão: *"Ele percebeu que havia qualquer coisa com o ar onde havia as combustões (...) ele fez uma montagem que está aqui esquematizada na vossa folha..."*. Os alunos interpretam e discutem as ideias, as propostas de trabalho, o desenvolvimento experimental e as

cuidadosas observações de Lavoisier. A professora aponta para a existência de hipóteses na condução da investigação de Lavoisier:

> *P- Ora bem, o que aconteceu foi que o nível da água dentro da campânula onde foi efectuada a combustão subiu (15:00) e subiu porquê?*
> *A- Por causa da combustão.*
> *P- Houve qualquer coisa no ar... que é oxigénio... pronto. Ainda não era essa hipótese... houve qualquer coisa no ar que foi consumida, não é?*

Os alunos dão conta destes passos e de um caminhar lento mas acente em ideias coerentes que são apresentadas como contendo uma dose de criatividade: *"Lavoisier disse assim... Espera aí, se em sistema fechado (17:00) há um consumo de qualquer coisa que está no ar, então vamos retirar o ar da combustão que é para ver se a combustão se realiza... é a experiência número dez"* (experiência na sequência de uma ideia/criatividade).

É realçado o percurso da descoberta em que um cientista se envolve de forma entusiasta, tendo por base a exploração do texto:

> *P- Vejam lá que ele chega ao pormenor de dizer 'eu estava curioso de procurar este novo componente do ar' ele vai de experiência em experiência, entusiasmando-se cada vez mais à medida que vai fazendo as experiências e chegando a conclusões. Já vimos que ele fez um grande progresso, pensando que para a combustão era preciso qualquer coisa do ar, não é? (18:00) e agora vai dizer, deixa cá ver se a combustão se dá se não houver ar.*

em que o 'ver' é necessário após a nova hipótese orientadora. Falta necessariamente a referência à importância do trabalho de outros químicos, nomeadamente na descoberta e identificação dos gases. Há, contudo, frequentemente, a referência à existência de uma comunidade científica.

Outros aspectos são de realçar durante a leitura do texto em análise, como a clarificação frequente dos termos e conceitos que vão surgindo, a referência a questões

diversas nomeadamente de segurança, aspectos pedagógicos que são importantes. Os alunos discutem entre eles aspectos do texto e respondem, agora de forma organizada, às questões propostas. Parecem compreender a introdução da hipótese da participação do oxigénio nas combustões. Eles referem-se a essa hipótese antecipadamente na interpretação de aspectos referidos no texto e a professora faz a passagem com a ligação às hipóteses de Lavoisier. As respostas organizadas e estruturadas dos grupos de alunos são reveladoras de que estes compreenderam bem a estrutura da investigação conducente à teoria do oxigénio, como mostra a resposta de um grupo: *"Nós pusemos que não foi por falta de ar, que foi por falta de um elemento que constitui o ar"*, ou outros que igualmente revelam compreensão do assunto, até à interpretação das reacções de combustão com recurso à teoria do oxigénio e o percurso do estabelecimento desta teoria.

É desta forma que se impõe o trabalho experimental, permitindo uma melhor compreensão do papel do oxigénio na combustão. É a professora que lê a introdução de um protocolo experimental, dando destaque a aspectos de segurança. Desta vez já deixa margem de autonomia na leitura do protocolo e nas necessárias decisões.

Os alunos, de forma muito autónoma, realizam a actividade proposta num ambiente informal. Quando toca para a saída os alunos não alteram o seu trabalho e envolvimento, e concluem a tarefa.

Naturalmente que a aula seguinte se inicia repondo a questão condutora que tem vindo a ocupar professora e alunos na procura da compreensão da solução e do percurso, que em termos de HC, conduziu a essa solução.

A professora repõe a ideia do percurso pela semelhança com a HC e numa perspectiva de valorização das ideias e hipóteses na construção das teorias e da necessidade da experiência e da observação rigorosa:

> *é que, não sei! no século XVIII... (1:00) não se sabia que as reacções de combustão precisavam de algo para acontecerem. Parece-me que ontem já vimos que o Lavoisier*

percebeu isso e começou a ensaiar várias experiências e a descobrir que havia qualquer substância que era necessária à combustão para além do combustível, não era?

Tal parece ter sido igualmente a lógica do trabalho experimental realizado na aula anterior e que vão comentar numa perspectiva crítica. Analisam os aspectos particulares ocorridos, além da descrição da situação.

A professora certifica-se se o objectivo da realização da experiência tinha sido apreendido pelos alunos, de que o excerto seguinte pode dar algum testemunho:

P- Consegues-me explicar qual foi o objectivo dessa experiência?
À- Que... Sabermos se no ar havia ou não qualquer coisa...
P- Saber que o ar tem ou não qualquer coisa... e como é que verificaste se o ar tinha ou não qualquer coisa? (.../...)
A- Depois a água subiu para ocupar esse espaço.
P- (...) não é? Parece-me que depois daquela experiência a ideia ficou mais clara para todos. Oh Filipe, no vosso grupo resultou? (.../...)
P- E depois quando viste isso o que é que pensaste?
A- Que na combustão o oxigénio... na combustão entra o oxigénio.
P- Pois!
A- Que o oxigénio tinha sido consumido na combustão e que o espaço que ele ocupava foi ocupado pela água... e subiu...

Os alunos têm oportunidade de partilhar as conclusões do seu trabalho experimental, os problemas ocorridos, as dúvidas surgidas. Um dos grupos refere-se, por exemplo, à entrada de toda a água da tina dentro do copo, que acham insólito. Podemos dizer que não se trata apenas de descrição da realização da experiência mas de uma forma crítica e interpretativa de discutir os resultados com a turma. A professora permite que os alunos se manifestem e discutam. Remete alguns aspectos para o texto igualmente analisado na aula anterior. Tal estratégia parece um acréscimo importante para a compreensão da teoria do oxigénio. São respondidas as questões do protocolo, manifestamente bem organizadas e compreendidas pelos alunos: *"P- Agora, pergunta*

quatro: (10:00) 'Lavoisier ao realizar a sua experiência semelhante à que realizaste, terá ficado imediatamente convencido que o oxigénio do ar participava nas combustões?' (.../...) A- Ele não conhecia o oxigénio.".

Nesta sequência, onde o que faltaria, como já noutra situação referimos, seria a alusão à química pneumática e aos seus mentores, faz-se agora a ligação com os resultados obtidos relativamente à massa dos produtos das combustões que tinham sido realizadas em sistema aberto em aula anterior: *"E agora nós queremos saber como é que vamos interpretar ou reinterpretar, os resultados obtidos aqui assim (mostra a ficha) (13:00)"* e incita os alunos a pensar, recordando a situação: *"Ora vamos lá pensar. Quando nós fizemos especificamente a combustão do algodão o que é que aconteceu especificamente à massa do algodão?"*. A professora vai colocando questões, os alunos acompanham este desenvolvimento de ideias justificativas:

> *P- Agora nós verificámos que, afinal, neste trabalho de ontem, verificámos que o algodão também desapareceu mas que houve um componente do ar que também entrou na combustão.*
>
> *A- Foi o oxigénio.*
>
> *P- Foi o oxigénio. Então como é que nós conseguimos justificar o desaparecimento da massa do algodão, que é um reagente, com est... com o consumo do oxigénio? Conseguem?*
>
> *A- O oxigénio...*
>
> *P- Com uma teoria... para interpretar o que aconteceu ao algodão?*
>
> *A- O algodão reage com o oxigénio.*
>
> *P- O algodão reage com o oxigénio e depois?*
>
> *A- Desapareceram.*
>
> *P- Desapareceram para onde? Para onde é que desapareceram?*
>
> *A- Para a atmosfera.*
>
> *P- Portanto o que é que isso significa?"*

E continuam, conduzindo a professora o diálogo no sentido de se certificar que os alunos compreendem bem a nova teoria do oxigénio, a mudança ocorrida, uma vez que

agora já conseguem interpretar as situações iniciais, com a consideração do papel de produtos gasosos nas reacções químicas.

Os alunos estão activos: pensam, discutem, argumentam... envolvem-se na situação da aula. A professora sempre os incentiva a colocarem perguntas, embora algumas vezes lhes deixe pouco tempo para organizarem as respostas e não lhes pede com frequência justificação mais consistente. Aliás é notória na argumentação dos alunos, quando existe, a falta de treino em tal exercício mental e discursivo. Outras vezes as discussões arrastam-se, praticamente sem saída. Nessas situações os alunos com frequência vão buscar conceitos e termos pouco seguros para as justificações. A questão de um aluno: *"Porque é que a substância gasosa não foi ocupar o mesmo espaço que o oxigénio e foi a água?"*, muito pertinente e reveladora da compreensão do assunto pelo aluno, acabou por se arrastar a discussão e acabou por ser incorrectamente considerada. A professora acaba por, numa perspectiva epistemologicamente relevante, comparar a discussão desenvolvida com a situação de grande polémica ao tempo de Lavoisier em volta da interpretação das reacções de combustão: *"Uma vez que estas reacções de combustão estão a dar tanta polémica... até já deram aqui na nossa turma! O Lavoisier também pensou e repensou para tentar interpretá-las"*.

Estão agora na situação de precisarem de reorganizar o esquema conceptual da teoria do oxigénio, à imagem do que tinha sido feito relativamente à teoria do flogisto, e a professora propõe a leitura do texto: "Uma nova teoria para interpretar as reacções químicas de combustão", tradução do *Traité Élémentaire de Chimie*.

É posta a tónica na interpretação das combustões e na nova teoria: *"P- No texto, onde é que está a ideia da interpretação das combustões a que Lavoisier chama calcinação, feita por ele?"*.

A aula seguinte inicia-se com uma aluna lendo o texto que os colegas seguem em silêncio com muita atenção.

São realçadas as dificuldades técnicas que Lavoisier teve que defrontar nesta passagem da química qualitativa para a valorização e necessidade do quantitativo, introduzindo este aspecto como novidade da forma de trabalho e investigação de Lavoisier, que implica uma interdependência ciência e tecnologia. Dão ênfase à descrição dos aparelhos usados na realização da síntese da água (combustão do hidrogénio) e nos problemas técnicos que tiveram que ser ultrapassados. Realçam a colaboração da sua mulher, que já tinha sido referida. De novo, na minúcia da descrição dos passos experimentais e técnicos que permite a reprodução: *"(6:00) Está tudo tão claro... que não tínhamos dúvidas em utilizar o material que ele ali descreve".*

Um dos aspectos importantes, do ponto de vista epistemológico, prende-se com a referência ao valor social do conhecimento (socialização do conhecimento), à necessidade de reconhecimento público do conhecimento científico e à necessária divulgação desse conhecimento em particular junto da comunidade científica:

> *P- Qual era o objectivo...*
>
> *A- Para presenciarem a experiência.*
>
> *P- Mas para quê? Para já para mostrar o que ele fez, mas mais importante que isso...*
>
> *A- Que era verdade.*
>
> *P- que era verdade... Uma... o conhecimento científico... uma novidade... só é credível (10:00) se toda a comunidade científica acreditar nela também... e a aceitar...*
>
> *A- São testemunhas.*
>
> *P- Testemunham e acreditam, não é? Uma pessoa pode estar a fazer uma descoberta genial mas se a descobre no seu laboratório e não a comunica à comunidade científica...*

Com este texto a professora pretende também a apropriação da conclusão da teoria do oxigénio, como lei da conservação da massa, pelos alunos. Nesta altura parece perpassar alguma ponta de dogmatismo na forma como a professora se refere a tal aspecto: *"Ora agora parece que também já chegámos à conclusão que nas reacções de*

combustão a massa dos reagentes é igual à massa dos produtos da reacção... Lavoisier não nos deixou com dúvidas".

É nesta altura que é lançada a segunda parte da questão: *"e nas outras transformações químicas? Isso acontece?".*

Cada grupo tem uma transformação química na sua bancada que vai efectuar e ver se corrobora ou não a ideia de que essa conservação da massa é extensível a todas as transformações químicas.

Alerta para questões de segurança e para a necessidade de rigor. Os alunos trabalham com muita ordem e até com alguma autonomia, que parece crescente ao longo das aulas deste assunto. Nalgumas situações a professora tem necessidade de acompanhar os alunos de perto e até, porque se trata de alunos de 8º ano, é indispensável uma orientação mais dirigida, que se justifica do ponto de vista pedagógico.

Embora com aparência de evitar erros aos alunos, a professora questiona-os intensamente. Os alunos concluem as tarefas experimentais e fazem registos que apresentam à turma na aula seguinte. Esta inicia-se com a clarificação dos objectivos desta unidade, que a professora explicita: *"despertar em vós o espírito científico (1:00) e daí todos aqueles textos que nós lemos... e que... nos mostraram qual o percurso de dois ou três cientistas na procura da resposta para aquela questão".* Em relação a este aspecto a professora faz uma síntese em que realça o percurso da alteração da teoria do flogisto a vigorar no século XVII. Refere-se às dúvidas, propostas, teorias e estudos dos cientistas numa imagem não dogmática da ciência. A mesma ideia de não dogmatismo e de estrutura para a mudança no conhecimento científico vem-nos ainda do seguinte excerto do discurso da professora neste início de aula:

> *como viram, as leis, as teorias... (2:00) toda a ciência que vos é fornecida aqui nas aulas de Ciências Físico-Químicas, parece tão fácil, tão acessível, tão clara!... Não*

> *era tão clara há uns anos atrás... é o fruto de muitos anos de trabalho... muitos anos de investigação por parte dos cientistas.*

Tal objectivo considera-o atingido com o entendimento das matérias da ciência consideradas na sua dimensão de inter-relação sociedade-ciência. Com a estratégia seguida, com os textos em particular, também pretendeu que os alunos compreendessem a forma de trabalhar dos cientistas:

> *daí alguns dos textos para vos elucidar da maneira como trabalhavam os cientistas... Como viram, Lavoisier era extremamente cuidadoso... ah... quando fazia as suas experiências, quando punha as suas questões (3:00) quando voltava a repetir as suas experiências para confirmar ou não as suas hipóteses.*

Quanto ao segundo objectivo a professora situou-o na compreensão *"da necessidade do oxigénio como reagente nas reacções de combustão (3:35)"*, tal está directamente em relação com o balanço de massa nas reacções químicas, uma vez que a participação das substâncias gasosas é quase sempre negligenciado na abordagem deste assunto, e esquematiza, com a colaboração dos alunos, uma reacção de combustão. Pois em seguida, não desliga afinal deste aspecto, refere-se à importância destas questões tal como postas por Lavoisier.

Desta forma se passa à apresentação dos resultados, em que cada grupo relata o que fez para toda a turma e responde às questões do protocolo do trabalho experimental.

Nesta sequência surge uma ideia de ciência dinâmica, alterável: *"Aquele texto de Stahl era só para vocês ficarem com ideia do que se pensava na altura e depois como é que evoluiu esse pensamento na altura e depois como é que evolui até aos nossos dias de hoje..."*.

Alargando à importância de compreenderem que a conservação da massa é extensível a todas as reacções químicas a professora apresenta um acetato com a formulação da ideia da conservação da massa por Lavoisier. Pelas intervenções dos

alunos temos indicadores de que estes compreenderam o assunto. Igualmente os relatórios dos alunos são mais completos, críticos e não apenas descritivos.

Na aula surge a oportunidade de questionar as situações experimentais e de considerar e explorar o erro, como se evidencia na sequência:

> *P- E o que aconteceu ao balão?*
> *A- Encheu.*
> *P- Também encheu o vosso balão? (para os alunos do outro grupo que também tinham realizado a mesma tarefa) E a massa dos reagentes foi igual à massa dos produtos da reacção?*
> *A- Não. Mais ou menos! Só faltou alguns milésimos.*
> *P- Porquê? Tens alguma teoria para explicar a massa que falta? Diz lá.*
> *A(vários)- Mal pesado!*
> *A- A nossa balança... o balão é que estava mal posto.*

Há bons registos dos alunos e participação activa destes nas respostas às questões do protocolo experimental. Contudo, no computo geral, nas informações, questões, explicações, clarificações e síntese, podemos dizer que a professora sobrepõe-se no discurso e no tempo.

Passam depois ao acerto de equações de reacções químicas que parece ser bem entendido pelos alunos a partir das equações de palavras das reacções químicas realizadas pelos grupos. Escrevem fórmulas moleculares e iónicas e equações químicas com facilidade. A compreensão da questão da conservação da massa parece ter ajudado a compreender a escrita de fórmulas e de equações de reacções químicas.

6.2.2. Perfil Epistemológico - Professora A-2

I - Metodologia Científica

A- Pluralismo Metodológico

A abordagem do assunto faz-se pela questão que se vai manter presente até ao final do tema, conferindo unidade mas implicando uma diversificação de tarefas propostas numa metodologia de trabalho que passa por diálogos, perguntas, leituras e discussões, trabalhos experimentais. Tais tarefas têm intenções bem definidas.

Apesar de os alunos pretenderem obter uma resposta imediata para a questão inicial, o que tem a ver, provavelmente, com o hábito de obterem respostas imediatas, a professora remete-os para o interesse de tal questão, também ao longo da HC, o que implica que se pense no assunto de forma diferente e se encete um percurso não habitual.

Numa fase inicial parece poder vir a encarar-se o assunto de forma linear e quase a delinear-se um percurso indutivo. Em tal situação única, a professora parece sentir a necessidade de recorrer à ideia de "método científico" como "o método que identifica a ciência", chegando ainda a clarificar passos que possa ter, não enunciados propriamente como de uma sequência linear se tratando e não necessariamente de cariz empirista. Tal aspecto não volta a ser referido nem as aulas são conduzidas a essa imagem.

Os alunos são interessados na leitura dos textos e nas discussões em grupos. Funcionam com autonomia, de forma ordenada, empenhados. Nas demonstrações e nos trabalhos experimentais desenvolvidos em grupo, embora orientados por protocolos e guiados pela professora, há sempre um conjunto de questões que são postas e à volta das quais se discutem aspectos que se relacionam com metodologia científica, numa imagem de pluralismo.

Durante a realização das tarefas experimentais a professora é muito cuidadosa e exigente em termos de rigor, nomeadamente do ponto de vista operativo, explicando bem o procedimento e tendo em conta aspectos de segurança.

Esclarece sempre porque é que realizam as experiências tendo a questão-guia por ponto de partida e uma teoria conhecida, realçando e evidenciando os próprios percursos que desenvolvem com paralelismo com a HC.

Faz referência abundante à forma de trabalho dos cientistas, investigação actual e aspectos em contexto histórico, incluindo a existência de hipóteses na condução das investigações. É particularmente evidenciada a forma como Lavoisier desenvolvia a sua investigação, realizava as suas experiências, a exigência metodológica de muito rigor e muita imaginação.

Os alunos parecem dar conta do caminhar lento para o estabelecimento de uma teoria, mas assente em ideias coerentes que são necessariamente apresentadas como contendo uma larga dose de criatividade. Parecem compreender bem a estrutura e o percurso da investigação conducente à teoria do oxigénio.

A professora exige interpretação e reinterpretação de resultados obtidos e clarifica a intenção dos textos e materiais utilizados com a intenção de compreenderem a forma de trabalhar dos cientistas e outros aspectos de metodologia científica.

B- Relação Teoria/ Observação /Experimentação

Damos conta de alguns aspectos que podem encerrar ainda alguma contradição epistemológica. Algumas vezes são os termos que parecem atraiçoar intenções e práticas. Contudo, passa principalmente uma imagem de ciência mais associada a perspectivas racionalistas.

A professora assegura-se que os alunos compreendem os termos e conceitos envolvidos na questão inicial e recorre aos exemplos clássicos para explicar a diferença entre peso e massa.

Após a introdução contextualizada torna-se claro o interesse do estudo das combustões como reacções químicas particularmente importantes e a necessidade de teorias científicas para interpretar os fenómenos.

É presente a ideia de que quando uma teoria começa a ter muitas dificuldades em interpretar problemas novos, uma nova teoria começa a ser necessária e algumas hipóteses ganham consistência e sentido. Situa as propostas de Lavoisier em oposição de princípios às de Stahl. A imagem é a de que enquanto umas vão ganhando terreno as outras vão regredindo e cada nova conquista de uma é sinal de agonia da outra.

Recorda-se, assim, o percurso da alteração de uma teoria e do estabelecimento de outra, tão corroborada experimentalmente que arrastou o enunciado de uma lei.

Embora de forma fugaz, há um aspecto que pode aparentar ser uma valorização da experiência como forma de 'verificação' no acentuado uso do termo "ver", no início e apresentação do assunto, e de uma aparente antecipação de um processo indutivo para o estudo do assunto. Em seguida afasta-se dessa ideia e da forma linear que parecia anunciar, reconhecendo o valor do papel da hipótese no percurso e as aulas não são conduzidas a essa imagem.

Com a leitura e interpretação dos textos os alunos compreendem a coerência interpretativa de uma teoria e não têm dificuldade em construir esquemas que lhe servem de modelo.

A experiência parece ser encarada por dois aspectos. Há discussão e dúvidas mas conhecem uma teoria que permite fazer previsões e avançar para a experiência na perspectiva de corroboração, ou não, das previsões feitas. Nos termos de "ver se isso é verdade ou não" (no âmbito de uma teoria!), aí pode aparentar ter um papel confirmatório. A análise global permite tendermos mais para a consideração de uma imagem de pendor racionalista do papel e valor da experiência.

Mesmo na modalidade demonstração a professora clarifica que se conhece uma teoria que é o ponto de partida para a experiência, e as previsões são feitas nessa base.

A palavra "ver" usada numa situação que antecede a experiência também não encerra propriamente uma orientação epistemológica centrada na experiência, embora necessariamente se valorize esta após a clarificação de um enquadramento teórico. Outro

aspecto é o termo "realidade". "Coincidir com a realidade" parece significar, no contexto experimental, comparar as previsões feitas com os resultados que vierem a ser obtidos, não conotando com realismo dogmático ou, inclusivamente, com realismo ingénuo, mas com uma corroboração da previsão feita.

A professora esclarece sempre porque realizam as experiências tendo a questão-guia por ponto de partida e uma teoria conhecida. É uma imagem de valorização da teoria, das questões orientadoras e da experiência, naturalmente. Passa uma imagem de teoria como esquema de pensamento e de princípios coerentes e organizados e com poder interpretativo. Na interpretação dos resultados das experiências realizadas e das observações efectuadas, a teoria está sempre presente. A experiência surge na sequência de uma ideia e numa imagem de criatividade.

A professora repõe a ideia do percurso pela semelhança com a HC e numa perspectiva de valorização das ideias e hipóteses na construção das teorias e da necessidade da experiência e da observação rigorosa. Dá destaque a aspectos de segurança.

Os alunos trabalham com muita ordem e até com alguma autonomia, que se tornou crescente ao longo das aulas deste assunto. Fazem registos que apresentam à turma, respondendo às questões do protocolo do TE, questionando a própria situação experimental. Há bons registos dos alunos e participação activa destes nas respostas às questões do protocolo experimental, embora seja a professora principalmente a dominar o discurso e o tempo.

Na apresentação e discussão dos trabalhos experimentais não se trata apenas de descrição da realização da experiência mas de uma forma crítica e interpretativa de discutir os resultados com a turma. Permite e incentiva que os alunos se manifestem e discutam.

II- Dinâmica da Construção do Conhecimento Científico

C- Contexto e Estrutura da Descoberta

É realçada a importância da HC e valorizado o processo de construção do conhecimento científico.

A professora evidencia o contexto e estrutura para o desenvolvimento do conhecimento científico na proposta do estudo do assunto pelo percurso desde que a Química é ciência. Justifica, pelo paralelo, o próprio recurso às reacções de combustão, também elas motivo e objecto de investigação por volta do século XVII. O contexto que evidencia para o estudo das reacções de combustão é justificado pela importância que elas têm assumido ao longo da história da humanidade e até aos nossos dias (e do contributo para a proposta de uma nova teoria interpretativa).

Refere-se muitas vezes à HQ, séculos XVII e XVIII particularmente, e a cientistas que a personificaram. Falta contextualização histórica e sócio-económica e política na própria aula. Faltou alguma referência à química pneumática e seus mentores... embora se faça referência à descoberta dos gases e seu contributo para o estabelecimento da nova teoria do oxigénio. É enaltecido o papel de Ane Marie Paulze Lavoisier.

Mesmo no abundante paralelismo histórico é mais valorizada uma perspectiva internalista do que a perspectiva externalista no desenvolvimento da ciência e do conhecimento científico. É realçado o percurso da descoberta em que um cientista se envolve de forma entusiasta, tendo por base a exploração dos textos, em que é passada, particularmente, uma imagem da investigação e da forma de a conduzir. É explicitado o percurso em termos de HC, que conduziu à solução que a teoria do oxigénio representou. Ilustra com vários materiais, desde cópia dos registos de Lavoisier (referências ao caderno de laboratório, por exmplo), descrições das unidades de massa da época e referidas nas descrições de Lavoisier, desenhos de Ane Marie Paulze, etc.

D- Dinâmica Erro /Verdade

É apresentada no início uma ideia de "conclusão da experiência" como "verdade". Contudo tal ideia não volta a ser identificada, nem as aulas são conduzidas a essa imagem. Deixa os alunos manifestarem as suas ideias e opiniões embora tivesse sido interessante a justificação apresentada pelos defensores de posições opostas.

No discurso da professora passa sempre uma imagem forte de validade temporal de uma teoria para interpretar fenómenos e dar resposta a problemas, com alusão frequente à ideia de teoria no seu tempo. Nos textos, apesar da orientação da professora, indispensável para a própria organização da leitura e das intervenções, tal não significa contornar os erros e impedir a apresentação livre das ideias dos alunos.

São sempre aceites opiniões divergentes embora não sejam exigidas justificações organizadas e consistentes das posições apresentadas pelos alunos. Eles têm oportunidade de partilhar as conclusões do seu trabalho experimental, os problemas ocorridos, as dúvidas surgidas. A professora sempre incentiva a colocarem perguntas, embora algumas vezes lhes deixe pouco tempo para organizarem as respostas.

Quando se fala de "ver se é verdade ou não", tal é "no âmbito de uma teoria" perdendo o eventual cariz de dogmatismo.

O termo "realidade" parece, no contexto em que surge, querer significar comparação das previsões feitas com os resultados que vierem a ser obtidos e não uma conotação, propriamente, com realismo dogmático ou ingénuo.

Quando surgem CA a professora, intencionalmente, desmonta para clarificar.

A professora alude a "erros" como fazendo parte normal do percurso científico. Há uma situação de os considerar admissíveis nos cientistas imprimindo à ciência uma dinâmica de transitoriedade.

São apresentadas e exploradas as dificuldades de uma teoria que há-de cair, por incoerências e incapacidades acumuladas.

É assim reforçada a imagem de teoria como algo efémero, e a experiência como tendo um papel, que parece significar no contexto, de corroborar ou não, as previsões.

Na apropriação da teoria do oxigénio como lei, pode perpassar uma ponta de dogmatismo que se afasta da imagem praticamente sempre passada, de ciência transitória, mas a principal imagem é de ciência dinâmica e alterável.

Cremos que, por se tratar de alunos de 8° ano, se justificam algumas situações em que a professora orienta bastante os alunos, evitando-lhes alguns erros.

III- Face Humana e Social da Ciência

E - Imagem dos Cientistas e da Comunidade Científica

É notório o interesse dos alunos pelas atitudes na leitura e na discussão que se gera nos grupos. Funcionam com autonomia, de forma ordenada, empenhados nessas discussões. A professora incentiva os alunos a apresentarem e defenderem as suas opiniões. Ocorrem com frequência discussões nos grupos e na apresentação dos resultados à turma. Os alunos defendem os seus esquemas que servem de modelo à teoria do flogisto. Há grande respeito pelas várias propostas exigindo-se coerência com a teoria apresentada. Alunos que o não fazem são contestados. Há opiniões divergentes; falta, contudo, alguma exigência de justificação nalgumas situações.

Há partilha das conclusões dos trabalhos experimentais, dos problemas ocorridos, das dúvidas surgidas, numa perspectiva crítica e interpretativa e não meramente descritiva, permitindo aos alunos que se manifestem e discutam. A professora domina, contudo, o diálogo, questionando mais do que permitindo a defesa de ideias.

Numa situação a professora acaba por, numa perspectiva epistemologicamente relevante, comparar a discussão desenvolvida com a situação de grande polémica ao tempo de Lavoisier em volta da interpretação das reacções de combustão.

Falta, notoriamente, a referência à importância do trabalho de outros químicos, nomeadamente na descoberta e identificação dos gases. É realçado, contudo, o papel colaborante da mulher de Lavoisier. Há frequentes referências à existência de uma comunidade científica. Alude-se à importância da reprodutibilidade das experiências descritas nos documentos/publicações de Lavoisier, que a comunidade científica exige.

Um dos aspectos importantes, do ponto de vista epistemológico, prende-se com a alusão que é feita ao valor social do conhecimento científico, à necessidade do seu reconhecimento público, e em particular junto da comunidade científica, com referência à Academia das Ciências de Paris.

F - Relação / Interdependência Ciência, Sociedade e Tecnologia

Para criar contexto e importância ao estudo do tema são abordados aspectos diversificados como sejam a importância e a diversidade dos combustíveis, em questões de economia, saúde, tecnologia, ambiente, vertentes positivas e negativas das combustões. Nesta introdução ao assunto, embora a professora tenha o papel mais activo, os alunos dão alguns contributos.

Relativamente ao trabalho de Lavoisier é realçada a perspectiva de desenvolvimento interrelacionado e interdependente da ciência e da tecnologia. A professora mostra muitas imagens das montagens técnicas das experiências concebidas por Lavoisier e dos seus instrumentos de laboratório, numa imagem de interdependência entre o desenvolvimento da ciência e da técnica e tecnologia. É referido com frequência o apetrechamento avançado, para a época, do Laboratório de Lavoisier. São realçadas dificuldades técnicas enfrentadas na passagem da química qualitativa para a valorização e necessidade do quantitativo, introduzindo este aspecto como novidade da forma de trabalho e investigação ao tempo de Lavoisier, o que implica valorização de uma imagem que realce uma interdependência ciência-tecnologia. É igualmente referido o valor social do conhecimento e a dimensão da inter-relação Sociedade - Ciência ao reforçar os objectivos para o estudo do assunto.

6.3. Professora Colaboradora C-2

6.3.1 Análise da Prática de Ensino

O conjunto das nove aulas planificadas e videogravadas constitui um todo coerente que tem sequência da primeira até à última e que se projecta ainda para assuntos subsequentes (em particular nos aspectos referentes à temperatura nas reacções químicas). Cada aula recomeça dando continuidade ao conjunto das anteriores e é notória a unidade conseguida por professora e alunos relativamente ao assunto tratado.

A professora inicia a aula, para introduzir o tema, fazendo passar a ideia da necessidade de reconhecimento da importância do trabalho dos cientistas na construção do conhecimento científico:

> *E não sei se já pensaram no seguinte (0:38) A vossa professora ensina-vos leis, leis que demoram um minuto a dizer, muitas vezes menos que isso, e não se chama a atenção para o facto de um cientista para chegar àquelas conclusões, ter levado anos de trabalho, muitas vezes, para chegar a essas mesmas conclusões e nós hoje metemo-las num cantinho e usamo-las num minuto, tão rapidamente... É justo que reconheçamos todo o trabalho que foi feito por eles para que nós as possamos hoje usar.*

realçando a importância da HC e valorizando o processo de construção do conhecimento científico por oposição ao que é tradicional ensinar-se ou seja, a ciência dos produtos sem processo e sem rostos (ensino do usar leis *versus* compreender o percurso e uso).

Na introdução para o estudo das combustões e da lei da conservação da massa, a professora cria contexto motivador a tais reacções pela importância que elas têm assumido ao longo da história do homem e até aos nossos dias: *"Vamos só ver então porquê falar das combustões, porquê dar uma importância tão especial às combustões".*

Inicia a projecção de um conjunto de diapositivos em que sobressai a importância dos combustíveis e da descoberta de combustíveis cada vez mais ricos do ponto de vista energético e o seu papel na economia dos povos. Diversos aspectos são associados pela professora e pelos alunos às combustões, desde o utilitário, ao perigo, à ética ou ao belo. Após o pequeno conjunto de diapositivos a professora projecta alguns acetatos que vão mais numa perspectiva cultural e interdisciplinar. Desde o "fogo que arde sem se ver" que alguns alunos associam com o poeta Camões, ao uso do gás de cidade no século passado na iluminação pública, aos combustíveis usados nos foguetões, à evolução dos transportes associada aos combustíveis, à questão da poluição, ao fogo de artifício, valorizando uma perspectiva em que questões relacionadas com a tecnologia, a sociedade, os problemas ambientais provocados pelo desenvolvimento e sócio-económicos, são abordados na contextualização do assunto a advogar a importância que vai ser dada ao assunto no desenvolvimento da unidade. Tal forma tem como finalidade ampliar os conhecimentos dos alunos e torna significativa a abordagem que vai ser feita.

Embora os alunos participem é a professora que tem o papel mais preponderante seguindo uma metodologia de informação e de questionamento dirigido. De qualquer modo a problemática levantada é ampla e significativa. Talvez até demasiado prolongada, tanto mais que, após tal introdução, surge a necessidade de levantar algumas questões já mais dirigidas para a construção de teorias científicas, mas que ainda se podem considerar de contextualização da unidade e constituir ainda um período de introdução:

> *Bom, concerteza (17:48) vocês há muito tempo se interrogariam 'o que é a chama? Por que é que aquilo arde? Por que é que se eu puser lá outro material ele não arde? (18:00) Ora estas perguntas fazem parte da curiosidade natural do homem. Desde que há homem sobre o planeta sempre se interrogou com os fenómenos... e principalmente tentou encontrar respostas. Porque é que aquilo acontece daquela determinada maneira? Desde o tempo dos filósofos gregos... Como sabem a filosofia abarcava tudo o que era conhecimento... desde esses tempos, portanto há milhares de anos... se*

> *preocupou em saber de que são feitas as coisa, tá? Aristóteles, temos Aristóteles que diz... ou que interpreta a maneira como se obtêm de um modo relativamente simples.*

Fazendo a passagem para a problemática da construção de teorias para interpretar os fenómenos naturais. É uma imagem de ciência associada ao racionalismo e à construção de teorias consistentes para a interpretação da realidade. A professora faz tal percurso com a ajuda dos alunos e numa perspectiva de ciência como cultura, relacionando com aspectos conhecidos dos alunos, importante no âmbito do 3º Ciclo do Ensino Básico.

De passagem alude à necessidade de alterar teorias para *"para conseguir justificar tudo aquilo, tanta variedade"*. Faz-se então a passagem pela Alquimia e pela Idade Média até ao século XVII, época em que se situa a primeira grande teoria química para a interpretação das combustões e que vai ser alvo de atenção reforçada pela leitura do texto que a professora tinha dado para lerem em casa (Uma teoria para interpretar as reacções químicas de combustão).

Pelo envolvimento dos alunos parece agora claro o interesse das combustões como reacções químicas particularmente importantes e as teorias científicas para interpretar os fenómenos. É por isso que a própria questão de saber o que acontecia à massa nestas reacções químicas se torna importante e imprescindível para a sua compreensão. Os alunos manifestam, maioritariamente, que a massa deve diminuir e a professora regista as posições dos alunos.

Em relação ao texto, a professora dá agora orientações pedagógicas indispensáveis. Trata-se de alunos de 8º ano em que tais orientações são muito importantes na criação de hábitos e atitudes nos alunos relativamente a leitura, interpretação, respeito pelos outros na discussão:

> *Vão lembrar o que leram em casa (22:30) para depois discutirem em grupo. Já sabem que devem sublinhar o que acham importante, cada um tirou as suas conclusões individuais que deve defender, entre aspas, (...) se acharem que têm razão, mas devem ter humildade suficiente para dar o braço a torcer se realmente virem que o outro tem mais lógica e que defende as suas posições muito bem...*

Os alunos estão nos grupos, relêem, discutem ordenadamente, envolvem-se cada vez mais na discussão defendendo posições. Não chegam a ter tempo de tornar pública (entre os diferentes grupos) tal discussão porque o tempo da aula terminou.

Na aula seguinte, os grupos escrevem as suas conclusões no quadro. É notório que a teoria do flogisto cria conflito nos alunos. As ideias de alguns alunos vão sobretudo no sentido de uma diminuição de massa nas combustões e vêem-se agora confrontados com as ideias de uma teoria que se refere a aumento de massa na combustão e que explica esse aumento com recurso ao flogisto.

É notória alguma ansiedade na professora que gostaria que os alunos tivessem lido o texto com mais acuidade e tivessem procurado situar do ponto de vista histórico o contexto referido, e acaba por ser ela, com alguma colaboração de alguns alunos, a fazer a descrição de aspectos diversos da época, na Europa e em Portugal, com referência, por exemplo, para D. Afonso VI que se terá dedicado à Alquimia. Não há dúvida que os alunos tal como a professora lhes lembra, apesar de estudarem história, têm muita dificuldade em fazer esta integração de saberes de diferentes disciplinas, o que vem reforçar a necessidade de tratar os assuntos de forma contextualizada e significativa, principalmente no Ensino Básico.

A maioria dos alunos parece aderir à teoria do flogisto com facilidade. A coerência de uma teoria é evidenciada por tal atitude dos alunos, apesar de a atitude da professora não ser favorável ou ser, aparentemente, mais neutra. Mesmo assim, os alunos reconhecem-lhe coerência.

Passa a clarificação intencional do que é uma teoria e a imagem do seu estatuto de entidade "criada" (inventada) para resolver problemas, recordando a teoria cinético-corpuscular que já fora tratada:

P- Ou seja, ao fim e ao cabo, o que é uma teoria? Para que é que ela é criada?

A- Para interpretar alguma coisa.

P- Para interpretar e explicar alguma coisa que nos interessa, com que estamos preocupados, não é? (5:00)

Fica claro que a preocupação é a interpretação das reacções de combustão:

P- O que é uma combustão. Como é que ela se dava. Porque é que ela se dava... (5:27) Há mais coisas que ela explicava, ou não?
A- Como é que ardem as substâncias. As próprias substâncias.
P- Explicar as diversas substâncias. As diferenças entre elas. Muito bem.

E prosseguem explorando a teoria do flogisto a partir das questões orientadoras do texto. Clarificam os conceitos envolvidos na teoria e as explicações para os fenómenos conhecidos, reforçando a natureza do flogisto e a explicação das combustões dos metais (calcinações).

Durante a aula a professora chama a atenção para a necessidade de haver respeito pelas opiniões de cada um. É amplamente explorada a teoria do flogisto e alguma da sua coerência. A professora chama a atenção que os esquemas que fazem são *"segundo as ideias de Stahl, desta teoria..."*, conferindo à teoria como que um estatuto de utilidade interpretativa mas eventualmente alterável por incapacidade.

A professora vai manifestando a sua ansiedade e algum desespero pela dificuldade que os alunos revelam em entrar na discussão e em acrescentarem mais algum aspecto à discussão. Os alunos são muito pacatos, e embora alguns elementos da turma se mostrem críticos e curiosos a maior parte são pouco activos e eventualmente aderem por ausência de crítica. A professora apercebe-se de alguma dificuldade em os alunos admitirem os metais como combustíveis e serve-se do exemplo do *flash* das antigas máquinas fotográficas que tinham um filamento de magnésio que ardia com chama muito clara produzindo luz para a fotografia; não convencida da adequação do exemplo a professora procura material necessário para realizar a combustão de uma pequena fita de magnésio. A experiência aqui tem, e bem, do nosso ponto de vista, uma função ilustrativa de um aspecto que causava alguma apreensão aos alunos.

Fica bem explorada a teoria do flogisto, de que alguns alunos agora são fervorosos adeptos. A professora, como já antes acontecera, não consegue evitar uma desvalorização da teoria, talvez no sentido de procurar criar alguma discussão entre os alunos e para que alguns se sintam descontentes com tal teoria, com a estranheza das propriedades do flogisto, a designação de 'cal', etc., e comecem a avançar outros aspectos. Tal não é possível com estes alunos. Eles são muito flogisticos, chegam mesmo a identificar cal com cinza. O termo óxido, apesar de já terem ouvido antes falar neste nome (quando do estudo dos símbolos e fórmulas e noutras ocasiões), não é avançado para designar o produto resultante da combustão do magnésio que vêem realizar pela professora e a que ela se refere. Voltam à cal, um aluno associa com a cal de pintar as paredes, a professora acaba por explicar que se trata do óxido de cálcio, deixa alguns indícios de que alguma coisa pode estar em causa (*"a palavra ainda hoje permanece no nosso vocabulário com o sentido com que era usado... óxido, está bem?"*)

É altura de voltar à questão inicial para que os alunos saibam o que fazem e para que fazem, para dar sentido às experiências que vai realizar com os alunos: *"lembram-se da primeira pergunta que eu lhes fiz, antes de começar? (29:00) que até registámos os resultados? Qual foi?"* e os alunos lembram-se: *"A massa. Qual seria a massa?... Se a massa varia?..."*. Também se lembram a que conclusão tinham chegado e a professora serve-se de um acetato onde registara as opiniões dos alunos acerca desse aspecto, no início do assunto: *"A maioria de vocês afirmou que a massa nas combustões iria diminuir"*. Parte-se agora para a realização de algumas experiências, com intenção, partindo de uma questão a que não tinham dado resposta e de previsões, e conhecendo já uma teoria.

A professora faz referência aos materiais que vão queimar: um metal, um álcool e algodão em rama. Explica, relacionando com aspectos já conhecidos dos alunos, a nosso ver com demasiado pormenor e gastando demasiado tempo (é sempre difícil tomar decisões de até onde ir com alguns esclarecimentos). A experiência é para confronto de ideias e fazem previsões. Na introdução das experiências clarifica-se para quê as vão

fazer: *"fazer experiências que estejam relacionadas com o que acontece à massa de um material que eu vou pôr aqui a arder, o que é que lhe vai acontecer, está bem? (30:56) Mas antes disso vamos ver o que é que Stahl prevê para essa massa. (...) E concordam todos?"* Nesta sequência a professora volta com alguma tentativa de desvalorização da teoria do flogisto, aos alunos passa despercebida essa atitude. Afinal toca e naturalmente a realização das experiências é remetida para a aula seguinte.

Na aula seguinte a professora coloca no quadro as anteriores opiniões dos alunos acerca da variação ou não da massa nas reacções de combustão. Faz sobressair que houve alterações depois da leitura do texto. As experiências tornam-se agora necessárias porque há demasiadas discrepâncias entre as ideias iniciais e as que a teoria de Stahl fez surgir e a professora cria algumas expectativas em relação a essas experiências: *"Nada melhor do que a experiência vos pode levar a confirmar as opiniões que manifestaram"*. Parece-nos que a palavra 'confirmar' não terá exclusivamente o significado de experiência confirmatória/ ilustrativa da teoria uma vez que parte de ideias e previsões dos alunos. A professora regista agora, mais uma vez essas previsões para cada um dos casos: algodão, álcool e ferro, fazendo respeitar as ideias dos alunos mas não lhes exigindo explicações (aos representantes das previsões diferentes). Alguns alunos que escolhem 'manter-se a massa' não têm em conta as condições da experiência. Nenhum aluno prevê aumento de massa para a situação da palha de aço. Tal está em desacordo com a teoria do flogisto. A professora não lhes pede explicações com base nessa teoria a que antes, muitos pareciam aderir.

Cada uma das três experiências é realizada com a colaboração de um grupo de dois alunos. A professora chama a atenção para o rigor necessário na pesagem, devido à natureza da balança, explica em que consiste uma pesagem, o que é a tara, etc. Veste uma bata e explica porque não se devem usar luvas de plástico quando se realizam combustões. Fala de outros aspectos de segurança. Começam pela combustão do algodão. Faz-se o registo do valor da massa inicial, realizam a combustão, dão conta da

existência de fumos e chama, reparam no aspecto final do material após ter ardido, dão conta da grande diminuição da massa lida na balança e registam esse valor. Os alunos discutem entre eles o resultado da experiência.

Um grupo seguinte vai colaborar na demonstração e a professora apela já para alguma autonomia dos alunos *"São capazes de fazer já aquilo que acham necessário?"*. Explica porque vai usar propanol e não o conhecido etanol, chamando a atenção para a diferença entre o fenómeno físico da evaporação e a reacção química que vai acontecer. Volta a fazer referência a aspectos de segurança. Registam os valores da massa inicial e final, esta, zero. Passam para a terceira experiência, agora com a palha de aço. Recordam o que aconteceu à massa das duas anteriores. Quando o aluno começa a dar conta de que está a aumentar o valor da massa que a balança regista, a professora apela para o rigor na leitura (necessidade de dar bem conta do que se está a passar nesta situação, manifestamente diferente das anteriores). Refere-se à energia libertada para o exterior nas combustões. Incentiva os alunos a questionarem as situações ocorridas. Transparece alguma inércia por parte dos alunos. A professora desafia-os: *"Como é que a massa aumenta? Num caso! Por que é que aumenta ali e não aumenta nos outros? Respondam vocês."*. Alguns tentam explicar recorrendo à teoria do flogisto: *"A- Quando o flogisto se libertava pela combustão das substâncias, ficavam mais pesadas e quando o flogisto ficava nelas, ficavam mais leves (23:00)"*. A professora inicia então o desafio aos alunos (mais uma vez): *"Foi isso que vimos acontecer nas três experiências?"*, mostra-se contente pelo conflito gerado, desafia-os a darem opiniões, os alunos entram na discussão. Algumas vezes a professora não se consegue controlar e é ela quem domina o diálogo questionando os alunos em vez de os deixar defender as ideias. Corrige incorrecções de linguagem e mostra-se exigente no rigor dos termos usados pelos alunos. Volta, como já antes o fizera, a deixar os alunos perceberem que a teoria do flogisto pode ser incapaz de interpretar o que acontece relativamente à massa nas combustões. *"Se vos começou a pôr dúvidas podem começar a pensar pela vossa cabeça"* e a professora consegue uma boa aproximação a uma discussão entre os alunos,

em que são avançadas várias tentativas de explicação. Alguns permanecem ligados à teoria do flogisto e tentam explicar nessa linha. Não é deixado o tempo e o silêncio que alguns alunos precisariam para organizarem as intervenções. Há intervenções algo desordenadas, embora alguns alunos consigam avançar tentativas de interpretação para os casos em que diminuiu a massa. Alguns tentam manter de pé a teoria do flogisto aportando novas ideias como a de que seria a densidade dos materiais a influenciar essa diminuição de massa. A situação é animada. A professora vai desmontando as ideias avançadas pelos alunos. Sobre as experiências que fariam no tempo de Stahl acabam por concluir que seriam muito incompletas e de que delas se observaria "aquilo que queriam ver". Fala-se assim do valor da observação e a imagem que passa é a de que não é objectiva mas dependente do observador, influenciada pelas ideias deste. Depois de se referir a exemplos pessoais faz a comparação com observações dos cientistas.

> *Também, se calhar, os químicos estavam a fazer experiências, às vezes tinham indícios que as coisas poderiam ser diferentes mas faziam que nem as viam, não lhes ligavam muito, não. Isto vem cá contrariar cá a minha ideia (26:00) e ela era tão cómoda, explicava tudo tão bem... para que é que eu vou estar a ligar (...) não será?"*

em que a imagem que passa é a da dificuldade que têm, também os cientistas, em abandonar as suas ideias e a frequente introdução de hipóteses auxiliares.

A discussão não se instalou; possivelmente nunca houve uma ideia coerente e organizada sobre a combustão e a composição do ar que não é referida pelos alunos (questões já tratadas no 2º Ciclo).

A professora faz mesmo assim muito bem a evolução no assunto, tentando aproveitar a ideia do aluno sobre a possibilidade de a densidade ser a responsável pela variação da massa durante a reacção e entende-a como *"uma nova justificação"*. E questiona: *"O que é que tinham que fazer logo a seguir? Pensem numa teoria. Experiências em que aquilo que se esteja a pensar seja verificado, tem que se arranjar experiências"* em que é nítido que a teoria antecede a experiência e que a teoria dá saída

para experiências que a venham corroborar ou não. Começa a fazer-se presente a ideia de que a antiga teoria tem dificuldades em resolver problemas novos.

É referido o método experimental mas entendemos que numa interpretação actual, por vir na sequência da ideia anterior. O tempo nunca chega. Também não há verdadeiramente interrupção de uma para outra aula, como vamos referindo. A professora dá agora para casa outros textos e pede aos alunos para trazerem conclusões sobre as leituras.

A professora volta à questão que afinal ainda têm pendente e que representa um fio condutor: se o valor da massa nas reacções de combustão aumenta, diminui ou se mantém? Os alunos questionam: *"Em qual, stora?"*, respondendo a professora *"Não interessa! Nas reacções todas de combustão!"* com a intenção de provocar algum desconcerto nos alunos e poder fazer sentido a procura de uma nova teoria que pretende ser mais abrangente que a do flogisto que apenas interpretava o aumento de massa na reacção de combustão do ferro.

Tenta de novo registar as opiniões dos alunos no acetato dos registos: os alunos começam a sentir dificuldade em dar respostas. Está instaurado um conflito. *"Portanto vocês agora não conseguem sequer responder àquela pergunta. Porquê?"*. Esta foi a forma de prosseguir que a professora encontrou nesta turma.

É preciso fazer "pontos da situação", também em ciência. A professora faz isso: *"Eu posso-vos lembrar algumas das respostas que vocês deram (2:30)"*. Talvez possamos pensar que, e principalmente para estes alunos, a discussão foi muito larga e eles têm mais dificuldades em se situarem e até em fazer intervenções. A professora continua sem dar resposta mas avança estabelecendo um paralelismo com a HC. É tempo de enaltecer o trabalho de investigação dedicado dos cientistas. *"Por exemplo não lhe dedicaram de certeza a mesma atenção e o mesmo número de horas que um químico... que levaram este dia para casa para ler, não foi?"*. E prendem-se em seguida com algumas notas biográficas de Lavoisier. A professora ilustra com materiais, imagem do quadro do casal Lavoisier, e a propósito faz algumas considerações sobre a pintura em

causa, numa dimensão cultural. Alguns alunos completam com aspectos que leram em casa. São aspectos biográficos diversos, principalmente sociais, políticos, económicos, éticos, situando o cientista na época, aspectos que perpassam para conferir contexto a tudo o que se vai seguir. É referido papel da mulher de Lavoisier e mostrados desenhos de sua autoria. É o conjunto de todos estes aspectos que confere dimensão humana a estas vidas e ao ligar a obra à vida humana ultrapassa-se o mito do herói que com frequência se associa ao cientista.

O seguimento do impasse, que já se esboçara, vai agora pela imagem de uma ciência e uma tecnologia que se desenvolvem a par. Lavoisier apetrecha o seu Laboratório com *"todos os requintes e técnicas da altura"*.

É agora chegada a oportunidade de começar a dar a volta, e de situar as propostas de Lavoisier em oposição às da teoria do flogisto. A imagem que passa é a de que enquanto umas vão ganhando terreno as outras vão regredindo e cada nova conquista de uma é sinal de desvalorização do estatuto da outra. Os alunos tinham levado para casa um texto para ler:

> *P- Vocês levaram para casa um texto que falava das experiências de Lavoisier e por que é que Lavoisier?... Porque chegou a uma situação como vocês! Qual é a situação? Não lhe agradava?... Diga...*
>
> *A- Tinha dúvidas.*
>
> *P- Tinha dúvidas sobre as explicações dadas por a teoria... do?...*

É assim que se inicia uma nova discussão sobre as novas explicações para as combustões. Suspeitas, que a professora pede aos alunos para comentarem. De novo é notória a exigência de rigor de termos, da professora. Os alunos finalmente avançam a explicação do oxigénio participando nas combustões. Apesar dos incentivos e dos desafios que foi lançando aos alunos e dos apelos aos seus conhecimentos anteriores, nunca se gerou na aula uma verdadeira situação de confronto de ideias. Assim, apesar de ter conseguido criar conflitos conceptuais nos alunos, principalmente optou por fazer um percurso mais próximo da HC, esclarecendo isso com os alunos.

Lembra aquilo que lhes devia ser familiar como a composição do ar e lança nova questão: *"Então por que é que o Lavoisier não disse logo que o que era indispensável do ar era o oxigénio?"* ressaltando, numa análise epistemológica, a importância e a dificuldade do percurso na construção de uma teoria científica. Em seguida faz-se uma passagem pela química pneumática, pelo isolamento e identificação de muitos gases, contributos indispensáveis para compreender aspectos da nova teoria. A professora deixa a ideia de que Lavoisier se serviu em grande parte do trabalho de todos estes químicos, sem lhes dar o devido realce. É a imagem de que a ciência não é construção de pessoas isoladas, mas reforça a noção de colectivo. São referências intencionais a estes aspectos.

A ansiedade da professora, numa luta contra o tempo mas marcada por algum conhecimento do pouco trabalho que os alunos desenvolvem em casa e da dificuldade de expressão e crítica que manifestam, faz com que algumas vezes pareça correr sobre os assuntos, perdendo-se outras vezes em extensas explorações de alguns aspectos eventualmente menos centrais: *"Vamos então, tentar rapidamente dar respostas ao texto (19:00) que leram em casa. Olha, eu não sei se leram... Portanto..."*. E segue já fazendo comentários que vão no sentido de considerar que a ideia/suspeita de Lavoisier sobre a necessidade de ar para as combustões, que do ponto de vista epistemológico tem o estatuto de hipótese, comanda a experiência e que a observação não é ocasional mas orientada por essas ideias anteriores.

Ressalta a importância do avanço da tecnologia que permitiu a Lavoisier, e até o orientou, a realização de muitas das suas experiências. Já não é a primeira vez que a professora se refere a que ciência e tecnologia são indissociáveis: *"Lembrem-se: Lavoisier pôde fazer isto porque na altura a técnica evoluiu bastante"*. Simultaneamente este aspecto é relacionado com o poder económico que permitia a Lavoisier obter todos os materiais e aparelhos que necessitava e idealizava (balanças, máquinas pneumáticas, vidros e porcelanas ou ágatas, entre outros).

O que agora se discute é a evolução das suspeitas de Lavoisier e a concretização experimental que contribuíram para desinstalar progressivamente a teoria do flogisto, substituindo-a pela do oxigénio.

Podemos considerar que o uso da descrição de experiências realizadas pela equipa de Lavoisier, apresentadas nos textos distribuídos aos alunos para casa resultou numa estratégia interessante. Tal como a resposta às questões do final dos textos. Os alunos participam. Perpassa a forma como Lavoisier realizava essas experiências, o trabalho dos cientistas, numa exigência de rigor e persistência, esclarecimentos sobre unidades de massa usadas ainda no século XVIII em França, a necessidade da construção de balanças e outra aparelhagem sofisticada para a época. Tudo isto fazendo sobressair o difícil caminhar para uma nova teoria, fazendo cair uma velha mas bem estabelecida teoria.

A professora gostaria de ter alunos mais intervenientes, mais activos e mais críticos. Por outro lado ela própria não lhes deixa o tempo que estas coisas demoram a acontecer. Em seguida, após todo este desmontar das ideias que orientaram Lavoisier para as suas experiências a professora propõe aos alunos a realização de *"uma experiência idêntica à que ele fez"*, embora tendo já, anteriormente, pelos textos e pelos desenhos de Madame Lavoisier, percebido as diferenças materiais das montagens utilizadas. A professora dá muitas indicações adicionais ao protocolo experimental que os alunos dispõem. Tal é necessário por se tratar de alunos de 8º ano e porque a professora dá mostras de conhecer bem os alunos da turma. Estes trabalham depois sozinhos nos grupos. Num dos grupos é notória a dificuldade técnica (põem quantidades excessivas de algodão e o vidro de relógio tomba na água), a professora vai discutir com eles esse aspecto. Alguns alunos terminam a tarefa experimental e iniciam as respostas às questões propostas no protocolo.

Nesta aula faz-se o ponto da situação intencionalmente integrado na estratégia: a professora organizara um documento para tal, contendo a própria evolução das ideias dos alunos, que vai projectando. Estes devem compreender bem, deve ser claro o que estão a estudar, para quê, com que intenção, qual é o problema cuja solução procuram.

É o próprio percurso da alteração das ideias que a professora evidencia com a colaboração dos alunos:

> *P- Primeiro lugar: eu perguntei-vos o que é... qual era a vossa ideia sobre a variação ou não da massa nas combustões (...) Vocês deram determinada resposta. Assim foi-vos fornecido um texto que... relatava ou descrevia a teoria explicativa das combustões (3:00) a chamada? teoria do?*
>
> *A- Flogisto.*
>
> *P- Voltei-vos a fazer a mesma pergunta e vocês, muitos mudaram de opinião. (...) mas nem todos aderiram à teoria do flogisto*

A professora nunca exigiu propriamente aos alunos uma justificação das posições manifestadas e nunca se gerou realmente uma discussão aberta entre alunos de posições diferentes:

> *P- O que é que nós fizemos seguidamente? Fizemos combustão de um álcool, do algodão e da palha de aço, de ferro (...) e eu notei que houve aqui uma certa atrapalhação (...) Porque não conseguiam encontrar uma explicação cabal, uma explicação razoável para... que satisfizesse os três materiais (...) e aqui não conseguiam sequer avançar com uma teoria... com uma hipótese que justificasse o comportamento diferente dos três materiais. Então nesta altura foi a altura ideal para... introduzir a nova ideia, a nova teoria segundo Lavoisier. (...) E o que é que vimos sobre Lavoisier (...) Vocês viram que ele tinha uma ideia diferente, sobre... para explicar as combustões (...) Portanto ele tinha essas hipóteses para explicar as combustões. E o que é que ele fez?*
>
> *A- Experiências.*
>
> *P- (...) porque é que foram possíveis essas experiências na altura de Lavoisier (...) teve o apoio de outros cientistas (...) conduziram a uma nova teoria.*

Este ponto da situação revelou que os alunos compreenderam o percurso em que foram envolvidos e foi útil para se prosseguir com mais segurança, agora em passos da teoria do oxigénio e suas implicações. Esta síntese foi feita com a colaboração dos alunos. Muitos aspectos, incluindo uma visão externalista da construção da ciência, foram abordados para se compreender melhor este percurso. É uma informação muito extensa, que se por um lado dá uma imagem extremamente organizada e pormenorizada do assunto, por outro, torna-se demasiado extensa temporalmente. O cientista como

pessoa, o papel da comunidade científica, dos correspondentes, da técnica, toda a dificuldade em estabelecer uma nova teoria.

> *Então... passou-se uma coisa esquisita. Apesar de o Lavoisier (13:00) apresentar uma teoria sem aqueles mistérios do flogisto, com coisas muito mais reais, fazer experiências que comprovavam o que estava a dizer... apesar de tudo isso, a sua teoria não foi logo?... A- Aceite.*

É ressaltada a dificuldade da mudança de teoria. Exemplifica com Priestley, já referido pelo seu contributo no estudo dos gases, que se mantém adepto da teoria do flogisto até à morte.

A professora refere mesmo a ideia de *"conflito de teorias"* e entra, a partir daqui, num desenvolvimento demasiado extenso sobre alterações de outras grandes teorias, como a geocêntrica, a revolução na electricidade ou o confronto das teorias sobre a natureza da luz. Falta tempo para explorar outras situações de forma mais calma e sobretudo dando mais protagonismo aos alunos.

Refere-se à necessidade da introdução do calórico o que, como imagem de ciência inacabada pode ser um contributo extremamente importante do ponto de vista epistemológico. É importante que surjam aspectos que hoje já não aceitamos relativamente à teoria de Lavoisier, o que mostra que também esta não era uma teoria em definitivo, ultrapassou a teoria do flogisto na sua capacidade interpretativa mas não a última e a verdadeira.

É agora que surge a oportunidade de uma sistematização e explicitação da ideia de conservação da massa que, de alguma maneira, pode considerar-se implícita nas suspeitas de Lavoisier sobre a participação do oxigénio nas reacções de combustão. Até porque a questão condutora afinal fora sempre *"o que acontece à massa numa reacção química?"*. A professora alertando-os de novo para a dificuldade em esclarecer a alteração da massa verificada nas experiências realizadas inicialmente, apresenta, através de um acetato, a ideia da conservação da massa tal como formulada por Lavoisier. E

serve-se do quadro para iniciar um esquema de reacção química traduzido por uma equação de palavras. São os alunos que completam evidenciando que neste momento percebem bem o que é uma reacção de combustão. De novo a professora se espraia em considerações, sempre interessantes sem dúvida, sobre os materiais envolvidos e outros aspectos. Passam à escrita da equação simbólica da combustão do carbono.

A CA da deslocação das substâncias (O_2 estaria contido em CO_2) surge e a professora esclarece, não questiona propriamente o aluno que referira tal aspecto. O uso de modelos de esferas é adequado para a intenção de passar da conservação da massa para a conservação do número de átomos, uma vez que os alunos já trataram a teoria cinético-corpuscular. A professora faz a ponte com esse assunto, modelo dos choques para interpretar a reacção química. Há aspectos energéticos que são realçados e que preparam assuntos posteriores.

Intencionalmente volta à CA manifestada para a tentar desestruturar. Embora os alunos não manuseiem os modelos, como poderia parecer mais útil, sugere modelos fáceis de construir e usar em casa para compreenderem melhor o que se passa numa reacção química. Os alunos parecem compreender, embora nalgumas ocasiões as suas respostas nos pareçam muito induzidas pelas perguntas.

No uso dos modelos chama a atenção para esse aspecto. Ao falar de real, parece afastar-se de uma perspectiva de realismo ingénuo e ter consciência de passar uma imagem de ciência mais consistente para os alunos, sob o ponto de vista ontológico.

A ligação com a conservação da massa é evidente e a professora volta ao assunto tentando explicar a variação de massa ocorrida nas combustões, ao ar, dos três materiais usados: *"não quero que me digam antes de pensar: por que será que umas vezes diminuía outras vezes marcou mais, a balança?"*. É uma das poucas ocasiões em que os alunos se levantam e vão discutir o assunto com os outros colegas. A professora ajuda na compreensão da ideia da conservação da massa numa reacção química com uma analogia de pares que dançam e trocam de parceiros entre eles, em que a massa de cada pessoa por trocar de parceiro não se altera. Este aspecto prepara mesmo o acerto de

equações de reacções químicas, que se há-de tornar uma necessidade química e não mero aspecto algorítmico.

Os alunos finalmente avançam a interpretação do que acontecera relativamente à alteração de massa nas situações experimentais à luz da teoria do oxigénio e referem que elas foram realizadas em recinto fechado. Fazem comparação com as situações experimentais de Lavoisier em recintos fechados. A interpretação conseguida pelos alunos surge apenas aqui! e manifestando alguma dificuldade em expressarem as suas ideias.

A professora incentiva a intervenção. Refere-se nesta altura a que *"viram grandes químicos a dar erros!"*, entendendo o erro como fazendo parte natural do percurso científico.

A aula seguinte decorre no laboratório.

O conceito de conservação da massa e do número de átomos numa reacção química (de combustão) é agora já familiar aos alunos.

A professora cuida a sua linguagem, chama a atenção disso para os alunos. Recorda o percurso da alteração de uma teoria e do estabelecimento de outra, tão comprovada experimentalmente que arrastou o enunciado de uma lei. Refere-se a necessidade da aceitação pela Academia, que representa a comunidade científica instituída. Dá a referida ênfase à lei de Lavoisier. Os alunos parecem compreender, enunciam a lei e compreendem que antes, durante e depois de uma reacção química, *"sempre"* a massa das partículas envolvidas se conserva. São bem questionados acerca do papel dos produtos gasosas e parecem compreender o que se passa em recipientes abertos. Interpretam bem a situação da combustão da palha de aço. A professora pretende certificar-se de que os alunos agora compreendem bem o assunto que têm vindo a tratar. Revela que conhece bem os seus alunos. Eles melhoram os seus desempenhos e as suas atitudes mas a professora sente necessidade de esclarecer muitos aspectos e até de, pedagogicamente, evitar muitos erros a estes alunos. Talvez a outros

não fosse tão necessário. O problema é claramente colocado e questões de controlo experimental são colocadas: *"Por que será que não vamos hoje fazer combustões quando andamos aqui há tanto tempo só a falar de combustões? (...) A- Porque as combustões são reacções químicas."*. As propostas são indicadas nos diferentes protocolos de trabalho experimental.

Há recomendações abundantes da professora sobre o trabalho que se vai seguir, com grande apelo para normas de segurança. Os alunos usam luvas e alguns grupos óculos de protecção, dependendo das tarefas que vão realizar. Há conselhos vários sobre estes aspectos.

Pela falta de tempo, e é aqui que sentimos que nalguns pontos talvez se pudesse ter alargado menos, a professora diz aos alunos que *"quer logo que a experiência seja bem sucedida"*. Uma leitura possível é a de que se apela para a necessidade de um trabalho concertado e cuidado.

Os alunos resolvem as suas tarefas em grupos, o ambiente é descontraído, a professora anima-os, colabora com eles embora se note a autonomia dos grupos nas decisões. Registam e fazem relatório relativo à tarefa desenvolvida. Todos terminam os trabalhos.

As duas aulas seguintes vão ser dedicadas ao acerto de equações de reacções químicas, que têm sentido como consequência da conservação da massa, da lei de Lavoisier. A própria professora diz que *"ainda melhor vamos perceber o significado e até como é que surge essa lei"* (lei com estatuto epistemológico). E é nesse sentido que a equação da reacção química (acertada) reforça o conceito de reacção química, *"dá informações sobre o próprio fenómeno que esteve a acontecer"*. Escalpelizam a escrita de uma equação química, com informações diversas. Constrói com a colaboração dos alunos a equação que vai sendo acertada, criando essa necessidade de acerto. Naturalmente que vão entrar na algoritmização, percebido que é o significado de tal operação de acerto. Vão alguns alunos ao quadro resolver propostas de acerto de

equações. É feita referência à diferença entre proporção de combinação e quantidades envolvidas nas reacções. Feita a comparação entre o tamanho das moléculas e o número destas envolvidas nas reacções químicas realizadas. Os alunos parecem compreender. O uso de modelos é adequadamente feito não perdendo de vista o domínio teórico. Vão-se relembrando os assuntos já tratados. Inclusivamente a professora volta à interpretação do aumento de massa na combustão da palha de aço em sistema aberto. A professora não estará completamente confiante que a interpretação já é clara para todos os alunos e volta a pedir uma explicação para a ocorrência: *"Hoje já alguém é capaz de justificar isto direitinho?"*, e obtém, afinal como resposta uma interpretação organizada e completa. Falam da necessidade, para 'registar' a conservação da massa, de realizar certas reacções em que estão envolvidos produtos gasosos em sistema fechado. A própria ideia de sistema fica melhor compreendida nestes contextos. Naturalmente que os alunos têm ainda alguma dificuldade no acerto, mas agora parece claro que o treino é importante. A frequente ideia dos alunos de quererem acertar as equações alterando as fórmulas das substâncias surge mas é intencionalmente desmontada pela professora. A exigência de rigor está sempre presente. Outra das ideias que surge é relativamente à ordem de escrita dos reagentes na equação que também é desmontada e os alunos parecem perceber pelos exemplos dados. Simultaneamente fala-se de aspectos diversos relacionados com as substâncias que vão surgindo. Levam trabalho para casa sobre acerto de equações.

Após todo este conjunto de aulas que constituiu, em si, uma unidade coerente, os grupos de alunos organizados em tempo extra-aula prepararam uma apresentação pública para a turma acerca de algumas das temáticas abordadas com a intenção de ampliar os conhecimentos sobre o assunto e de poderem trocar opiniões de forma mais organizada. Os alunos fizeram as apresentações preparando os documentos com base na leitura em casa do Documento A9. Os diversos grupos construíram materiais para a apresentação. Os aspectos abordados ajudaram a completar uma visão da HC e do

assunto de forma integrada. O primeiro grupo refere-se de novo ao esquema organizativo da teoria do flogisto; o segundo ao processo e percurso da mudança de teoria (usaram mesmo uma forma materializada por uns cartões de cores diferentes que à medida que iam sendo virados simbolizavam a adesão progressiva mas lenta à nova teoria - só com a morte dos últimos defensores se viraram todos os cartões!); o terceiro grupo refere-se às mudanças ocorridas com a nova teoria, a reforma da nomenclatura e o sistema métrico.

A professora incentiva a participação dos alunos na discussão e perante alguma dificuldade ela própria coloca questões. Não podemos dizer que há aspectos completamente novos nesta aula. Apenas uma síntese mais global em que alguns aspectos voltam a ser reapresentados. Estiveram em análise, por fim, algumas das questões do final do texto ("Percurso da alteração de uma teoria") e que tinham servido de orientação aos trabalhos dos alunos: apoiantes e adversários de uma teoria; dificuldades de alteração das teorias, implicações de uma nova teoria em domínios diversos; cientistas como pessoas, com defeitos e virtudes e papeis particulares como o da mulher de Lavoisier; questões e aspectos relacionados com a divulgação das novas ideias, a resistência dos adversários; a própria evolução dos conceitos durante o crescimento da nova teoria; dificuldades conceptuais, metodológicas e experimentais, técnicas que é preciso ultrapassar; dependência da investigação científica do poder económico e político, aspecto que a professora ilustra com exemplos da época de Lavoisier e da situação actual.

Para além da apresentação dos trabalhos pelos grupos e de respostas pontuais a questões colocadas, a professora não consegue uma grande intervenção dos alunos e um debate de ideias como estaria nas sua intenção. De qualquer modo nas participações é revelada compreensão dos assuntos. A professora termina com apreciação geral do processo que juntos partilharam.

6.3.2. Perfil Epistemológico - Professora C-2

I - Metodologia Científica

A- Pluralismo Metodológico

O conjunto das aulas constitui um todo coerente mas a flexibilidade está presente. Os alunos sabem o que vão fazer, para quê e porquê. Fazem-se frequentes pontos da situação, exigindo sempre a clarificação da questão inicial, numa perspectiva de significado para os diálogos, as perguntas, as leituras e discussões, os trabalhos experimentais... numa abundante diversidade de tarefas propostas e de actividades complementares. Nas tarefas experimentais, são evidenciadas questões de controlo experimental e de clarificação processual para compreender a intenção e diversidade do percurso e das escolhas.

Existem referências a aspectos de investigação actual e a abundantes aspectos de investigação científica em contexto histórico. A Ciência não é agora apreendida como um mero corpo de produtos mas afastada da visão instrumental das leis e aprender sobre os próprios processos da ciência é um aspecto, em si valorizado.

Embora seja notória alguma inércia dos alunos na tomada de decisões e na defesa de posições, os assuntos são agora abordados de forma não linear, constituindo um constante desafio a procura da resposta para a questão problemática.

É referido o método experimental, mas entendemos que numa perspectiva actual, pela ideia a que dá sequência a expressão em que é referido (guiados por ideias procuram que a experiência possa corroborar essas ideias).

São referidas situações de impasse que obrigam a criatividade, imaginação e tomadas de decisões. Passa a forma como Lavoisier realizava as suas experiências, o trabalho de outros cientistas, a exigência metodológica de rigor e persistência, fazendo sobressair o difícil caminhar para uma nova teoria, fazendo cair outra bem instalada.

É algumas vezes evidenciado o próprio percurso que os alunos seguem e que tem algum paralelismo com a HC.

B- Relação Teoria/ Observação /Experimentação

Passa uma imagem de ciência associada ao racionalismo e à construção de teorias consistentes para a interpretação da realidade.

Após a introdução contextualizada e a problematização inicial torna-se clara a necessidade de teorias científicas para interpretar os fenómenos.

A coerência da teoria do flogisto é evidenciada pela facilidade com que a maioria dos alunos lhe parece aderir. Apesar de algum desprezo por parte da professora, eles reconhecem-lhe coerência.

Clarifica-se tentativamente o que é uma teoria e a imagem do seu estatuto de entidade "criada" (inventada/construída) com função interpretativa mas eventualmente alterável por limitações, afastando-se assim de um realismo ingénuo.

Volta-se à questão inicial sempre que necessário para que os alunos saibam o que fazem e para quê fazem, e quando se parte para a realização de experiências já se fizeram previsões com base em ideias acerca do assunto.

Auscultam-se as ideias dos alunos para que eles se dêem conta das suas alterações sempre que ocorrem novos contributos. A imagem de experiência para "confirmar" não terá o estatuto epistemológico de "confirmatória" ou de ilustrativa da teoria uma vez que parte de ideias e previsões dos alunos que são registadas como ponto de partida.

Fazem-se registos necessários e cuidadosos. Têm-se em conta aspectos observáveis diversos mas a observação tem um estatuto epistemológico particular, cuja existência/papel lhe é ditado pela previsão e teorização exigida. A imagem que passa é a "verdade mais elaborada", em particular no que respeita à relação sujeito/objecto da observação, ou seja, em que esta depende do observador, influenciada pelas ideias deste.

Em situações várias parece assente que a teoria antecede a observação e que permite conceber experiências que a venham corroborar ou não. É presente a ideia de que quando uma teoria começa a ter muitas dificuldades em interpretar problemas novos, uma nova começa a ser necessária e algumas hipóteses ganham consistência e sentido.

Situam-se as propostas de Lavoisier em oposição de princípios às de Stahl. A imagem é a de que enquanto umas vão ganhando terreno as outras vão regredindo e cada nova conquista de uma é sinal de agonia da outra. As ideias/suspeitas de Lavoisier sobre a necessidade de ar para as combustões, que do ponto de vista epistemológico tem o estatuto de hipótese, comanda a experiência e deste modo a observação não é ocasional mas orientada por essas ideias anteriores.

Surge a necessidade de referência à hipótese como ideia condutora da experiência, que vai sendo reformulada contribuindo para ajustar a própria teoria. A própria ideia de hipóteses auxiliares introduzidas para dar consistência à teoria está presente (justificação da necessidade da introdução do calórico, por exemplo), e ajuda a construir uma imagem de ciência inacabada, a ideia de teorias que não são definitivas, ultrapassando outras na capacidade interpretativa mas não sendo elas próprias últimas, acabadas e verdadeiras.

É feito um uso adequado de modelos. Modelos com sentido dentro de um suporte teórico e, por outro lado, o uso de modelos materiais, representações do modelo teórico. Os alunos não manuseiam os modelos mas são incentivados a construir modelos em casa e a experimentar a sua validade e adequação. Também há recurso a analogias que se mostram interessantes e notoriamente sustentadas pela teoria.

Recorda-se o percurso da alteração de uma teoria e do estabelecimento de outra, tão corroborada experimentalmente que arrastou o enunciado de uma lei.

Os alunos resolvem as suas tarefas em grupos. Registam e fazem os relatórios numa perspectiva mais crítica do que meramente descritiva.

II- Dinâmica da Construção do Conhecimento Científico

C- Contexto e Estrutura da Descoberta

É realçada a importância da HC e valorizado o processo de construção do conhecimento científico por oposição ao que é tradicional ensinar-se, ou seja, a ciência de produtos sem processos e sem rostos.

Alude à necessidade de alterar teorias para "conseguir justificar tudo aquilo, tanta variedade". Faz a passagem pela Alquimia e pela Idade Média até ao século XVII, época em que situa a primeira grande teoria química para a interpretação das combustões. Faz a descrição de aspectos diversificados da época, na Europa e em Portugal, com referências que ampliam o contexto do assunto. Estabelece o paralelo com a HC. Enaltece o trabalho de investigação dedicado dos cientistas, mas não propriamente no sentido de uma imagem heróica. Avança muitas notas e informações biográficas organizadas sobre Lavoisier e outros da época que com ele colaboraram bem como o papel da sua mulher. Ilustra com muitos materiais: cópias dos registos de Lavoisier, desenhos de Ane Marie Paulze, etc.

Os aspectos biográficos e de contexto são diversos, principalmente políticos, económicos, éticos, situando a época e conferindo contexto e estrutura ao aspecto criativo e de descoberta em ciência. Alguns textos tratam aspectos diversos mas convergentes. Discute-se a evolução das ideias iniciais de Lavoisier. Perpassa a forma como realizava as experiências, numa exigência de rigor e persistência, fazendo sobressair o difícil caminhar para uma nova teoria.

Após todo o desmontar das ideias que orientaram Lavoisier para as suas experiências a professora propõe a realização de "uma experiência idêntica à que ele fez", percebendo os alunos a diferença, no equipamento, das montagens usadas num e noutro caso (pelo uso das ilustrações dos materiais e montagens experimentais de Lavoisier).

Os alunos apresentam textos e outros materiais que organizam com a intenção de comunicarem a sua ideia sobre o assunto completando uma visão da HC e do assunto de forma integrada, embora eles se mostrem pouco críticos.

D- Dinâmica Erro /Verdade

Fica evidenciada a validade temporal das teorias. Faz-se a passagem pela Idade Média até ao século XVII, época em que se situa a primeira grande teoria química que

no século XVIII é substituída por outra que a ultrapassa mas que não é, ela própria, definitiva.

As discussões pretendem evidenciar a precariedade das posições e a possibilidade de alterar as ideias por outras mais consistentes. A teoria do flogisto cria conflitos nos alunos que a professora gere intencionalmente, pela estratégia adoptada. As teorias são apresentadas na perspectiva de possuírem uma validade temporal e contextualizada. Têm um estatuto de utilidade interpretativa mas eventualmente alterável por incapacidade ou insuficiência.

Falta exigência de explicação para as posições emitidas pelos alunos. A professora parece conhecer as CA que os alunos usam nos seus esquemas de interpretação das situações e são intencionalmente desmontadas; algumas vezes é ela que lhes faz referência.

A professora nem sempre encara a teoria do flogisto como tendo valor no seu contexto temporal. De qualquer modo refere a existência de muitos obstáculos para explicar a necessidade de procurar novos argumentos para uma nova teoria e a fase criativa de ideias que precisam de ser corroboradas pela experiência. A teoria do flogisto já se revelava incapaz de dar resposta às dúvidas e problemas que se iam sucedendo. O ponto da situação revela-se indispensável para compreender as dificuldades e a sua superação. Superação de erros, verdades transitórias, não definitivas: passa desta forma uma imagem de ciência não dogmática.

Ao falar de real parece afastar-se de uma perspectiva de realismo ingénuo e ter agora consciência de passar uma imagem de ciência mais consistente para os alunos em que a ideia de validade temporal das teorias ajuda a compreender estas como aproximações e leituras do real e não como cópias fiéis desse real.

Para incentivar a intervenção dos alunos a professora alude a "erros de grandes químicos" referindo-se ao erro como fazendo parte normal do percurso científico. Já na aula laboratorial a professora sente necessidade pedagógica de evitar erros dos alunos.

Mesmo assim ocorrem alguns, a que, embora os alunos aludam nos Relatórios, não são intencionalmente explorados após o trabalho experimental.

III- Face Humana e Social da Ciência

E - Imagem dos Cientistas e da Comunidade Científica

Embora incentive a participação dos alunos e a discussão de ideias, não lhes deixa muito tempo e espaço para tal. De qualquer modo regista sempre as posições deles após cada nova situação. Incentiva-os até a defenderem as suas posições individuais embora referindo necessidade de humildade. Os alunos, nos grupos, discutem algumas vezes, de forma ordenada e envolvem-se aparentemente nessas discussões.

A professora chama a atenção para a necessidade de haver respeito pelas opiniões dos colegas. Permite que seja gerado conflito desafiando os alunos a darem opinião, embora depois seja pouco o tempo para a exploração dessas situações. É principalmente a professora que domina o diálogo, questionando mais do que permitindo a defesa de ideias.

São avançadas algumas tentativas de explicação das situações. Alguns alunos tentam manter de pé a teoria do flogisto; a professora não consegue lançar e incentivar a discussão entre alunos que avançam algumas hipóteses. A professora é "um elemento forte" da comunidade que vai desmontando essas hipóteses. A discussão não se instala verdadeiramente.

Passa a ideia da necessidade de reconhecimento da importância do trabalho dos cientistas na construção do conhecimento científico.

É considerado o contributo de diversos cientistas, nomeadamente os ingleses Black, Priestley e Cavendish, para o conhecimento dos gases e para o aperfeiçoamento técnico das experiências de Lavoisier, entre outros. O papel e contributo da mulher de Lavoisier é muito realçado. Esse conjunto de aspectos confere dimensão humana a estas vidas e ao ligar a obra à vida humana cai o mito do herói que com frequência se associa a Lavoisier. Este não é apresentado como um modelo de virtude, tanto do ponto de vista

político como na relação com os colegas cientistas... reforça-se antes a imagem de que a ciência não é construção de pessoas isoladas, mas de um colectivo.

O papel da Academia Francesa é apresentado como representando a comunidade científica instituída e lugar de legitimação e certificação do conhecimento científico e de debate de ideias e de conflitos. A resistência dos cientistas à mudança é igualmente sublinhado. A própria professora estabelece o paralelo entre a resistência dos alunos em abandonarem as justificações por recurso ao flogisto com a resistência de alguns cientistas conceituados em relação à velha teoria já em decadência.

Os alunos apresentam publicamente na turma trabalhos organizados em grupo em tempo extra-aula, com a intenção de ampliar os conhecimentos e de poderem trocar opiniões de forma mais organizada. Tal aspecto ajudaria a uma visão mais integrada da HC mas foi marcado por uma fraca participação. A professora teve necessidade de tomar o papel mais activo e crítico.

F - Relação / Interdependência Ciência, Sociedade e Tecnologia

A introdução do assunto foi feita realçando aspectos da importância das combustões, dos combustíveis e da descoberta de combustíveis cada vez mais ricos do ponto de vista energético para a economia e outros aspectos sociais na evolução da humanidade, ou seja, numa perspectiva de inter-relação da CTS. Perpassam questões relacionadas com a tecnologia, a sociedade, problemas ambientais provocados pelo desenvolvimento e sócio-económicos que são abordados na contextualização do assunto a advogar a sua importância. Na primeira parte, embora a professora tenha o papel mais activo, os alunos dão alguns contributos.

Relativamente ao trabalho de Lavoisier e seus colaboradores é realçada a perspectiva de desenvolvimento interrelacionado e interdependente da ciência e da tecnologia. É uma imagem de que C e T se desenvolvem a par, num contexto de ingredientes sociais, políticos, económicos, etc., indissociáveis. O laboratório de Lavoisier equipado com balanças e outras aparelhagens sofisticadas, que o grande

desenvolvimento tecnológico permitiu, evidencia essa estreita relação C e T e o seu poder económico e influência política. Passa igualmente uma perspectiva de ciência como cultura e alguns aspectos éticos são evidenciados. Não se geram verdadeiras discussões em que os alunos tomem parte activa sobre esta temática.

6.4. A Formação e a Prática de Ensino Reflectida pelos Participantes

6.4.1. Análise da Entrevista

No final de um percurso em que investigadora e cada uma das professoras se envolveram e empenharam colaborativamente e pela própria natureza e objectivos do Estudo, impunha-se iniciar um processo de avaliação.

- Avaliação do percurso de formação e da própria proposta de ensino cuja fundamentação epistemológica e planificação didáctica estiveram no cerne da formação.

- Avaliação da implementação na prática de ensino, considerando que esta prática é um acto/acontecimento múltiplo e multifacetado, mas singular porque acontece uma única vez, e do qual faz parte integrante uma visão das professoras sobre a aprendizagem dos alunos, envolvendo conceitos e imagens sobre ciência.

- Avaliação ainda do significado pessoal e principalmente profissional da participação no percurso de formação e no Projecto de investigação.

- Avaliação da concordância com a análise efectuada pela investigadora sobre a prática de ensino desenvolvida.

Neste sentido, após a análise dos protocolos da prática de ensino, organizou-se uma Entrevista, semi-estruturada, que foi conduzida, com cada uma das professoras, informalmente, no mesmo clima em que se desenvolvera o percurso de formação.

Foram remetidas as análises da prática pedagógica, de dimensão principalmente epistemológica, para que cada uma das colaboradores se pudesse pronunciar sobre a análise feita pela investigadora.

Trata-se de "dar-voz" às professoras participantes, após a formação e implementação da proposta didáctica, sobre todo o percurso: como o sentiram, como o experienciaram, que significado nas suas vidas, principalmente profissionais. Por isso esta análise das entrevistas consiste, principalmente, em retirar do protocolo da transcrição da entrevista os aspectos que ilustram, com as palavras das participantes, as dimensões de análise que nos pareceram relevantes para uma avaliação do Projecto na vertente 'impacte na vida profissional e percurso de formação' por um lado, e na vertente 'impacte na prática de ensino e aprendizagem dos alunos, e na avaliação da própria proposta didáctica', por outro.

6.4.1.1. Professora A-2

A- Impacto na vida profissional e avaliação do percurso de Formação

A1- Significado pessoal e profissional da participação no Projecto de investigação (formação) (aspectos positivos e negativos)

A professora reconhece que a experiência, traduzida em anos de serviço, não significa/implica, por si só, melhoria do desempenho profissional; antes pode representar um adormecimento provocado pela repetição. A participação no Projecto pode ter representado o acordar, pelo renovar a sua perspectiva de ensino:

> *Essencialmente... foi... digamos, um renovar do que... Eu tinha já 12 anos de serviço... que dou esta matéria e portanto... acordei um pouco para uma nova perspectiva de ensino. Foi isso... essencialmente foi isso. (P1)"*

Com a participação no projecto tornou-se convicta da necessidade de de mudar: *"Vou realmente mudar e... vou mudar a... forma... pelo menos... de dar esse conteúdo. Porque achei a linha condutora interessantíssima" (P2).*

O empenhamento profissional e o envolvimento pessoal da professora foram muito grandes e devido a circunstâncias da vida pessoal a professora considera que poderia ter feito mais e comenta:

> *Pronto, só realmente lamento não ter, não ter tido mais tempo para assentar as ideias e para... chegar lá com mais calma e... fazer mais do que fiz. Realmente achei que... muitas coisas que falharam... da formação para mim, depois daquelas conversas que tivemos. Os documentos eram interessantes, foi um trabalho óptimo, mas o que eu achei melhor na formação foi efectivamente aquele diálogo que nós tivemos. (...) disse imensas coisas que eu depois sentia necessidade de dizer nas aulas até porque os alunos... ah... me chamavam a atenção a isso e faziam essas perguntas... Até que já tinha previsto, inclusivamente que eles iam fazer... e questões que eles iam pôr. Foi interessante! (P4)*

Parece que, com a participação no Projecto de formação, a professora passou a encarar a sua prática de outra forma, mais consciente em que a preparação das aulas é central e em que, porque houve formação, é possível "prever" até situações de sala de aula, aumentando a sua confiança profissional. Apercebe-se que é possível conhecer mais do processo de ensino aprendizagem e indo de encontro à mensagem que se pretendia passar, aquando da formação no sentido de uma apropriação consciente da proposta didáctica apresentada e discutida.

Considera a preparação feita *"importantíssima"* (P5) tal como a leitura de documentos (P6)

Quando se lhe pergunta porque não aderem muito bem os colegas à participação em Projectos desta natureza, associa à inibição provocada pela presença da câmara de filmar e esclarece outros aspectos a seu respeito: *"é capaz de ser a pessoa sentir-se inibida com a câmara na sala de aula. Não é que eu sinta que perturba... a aula...*

porque os miúdos passados cinco minutos esquecem-se que a câmara lá está." (P7) Considera que o facto de já ter tido essa experiência de videogravação de aulas lhe deu à-vontade para esta nova experiência. (P7) Também *"é natural que as pessoas se sintam inibidas e se sintam observadas... É capaz de não ser assim muito... muito agradável! (P7)"*

Quando se fala na importância e interesse para a sua própria formação, de voltar a ver as videogravações, como fez, esclarece:

> *A leitura deste texto? Ah, sim. Sem dúvida! Sim, porque, portanto... eu já tinha sentido algumas coisas nomeadamente aqui... pronto a Fátima diz e com toda a razão que eu conduzo demasiado os alunos, ou seja... Eu também senti isso, senti que estava... e depois das aulas... pensei, pensei: olha nesta altura podia ter deixado que eles discutissem mais ou então, uma discussão demasiado longa podia ter... enfim... moderado e passado a outra questão e portanto... senti isso. Portanto, e é engraçado porque isso está aqui retratado e que... pronto... vou aprender e vou tentar melhorar na minha nova aplicação deste... (P42)"*

Há uma reflexão sobre a análise feita na continuidade da formação feita numa perspectiva de Investigação-Acção. A professora sente a utilidade deste acesso à análise feita sobre as suas aulas e remata: *"é útil porque a Fátima refere aqui coisas que eu já tinha sentido e... concretiza! Portanto vou... baseada nesta situação fazer de outra maneira. Melhorar, sem dúvida! (P44)".*

A2- Aspectos em que reconheça o papel da formação

A professora reconhece, sem hesitação, que:

> *a formação é essencial... na medida em que a nossa discussão, as nossas conversas eram lembradas nas minhas aulas, aquelas conversas que nós tivemos... previamente, acerca dos textos... e por vezes... e por vezes já ia mais à frente e pensava... Ah! Devia ter dito aquilo, que realmente era interessante. (P3)*

Numa perspectiva de reflexão na acção e de apropriação da planificação e dos materiais e não na ideia de reprodução fiel. *"Durante as aulas lembrava-me e... às vezes... que devia ter referido... não sei o quê... anteriormente... depois tentava encaixar mais à frente porque achava realmente importante. (P4)"*. E reconhece o papel e importância da formação sobrepondo-a aos documentos em si: *"Essencialmente foi... mais do que ter os documentos foram as nossas conversas que foi muito produtivo. Porque ficou-me gravada e consegui... ah! concretizá-la nas aulas (P4)"*. A expressão: *"Foi interessante!"* caracteriza a forma como a professora viveu a formação e a participação no Projecto. Parece ter apreciado e valorizado a relação estabelecida durante a formação: *"Os documentos eram interessantes, foi um trabalho óptimo, mas o que eu achei melhor na formação foi efectivamente aquele diálogo que nós tivemos. (P4)"*

É explicitamente notória uma vontade de mudar as suas práticas de ensino em geral. Reconhece agora a importância de uma abordagem didáctica diferente que envolve alguns condimentos que antes não considerava com tal acuidade:

> *Eu acho muito importante. situar uma... um conteúdo... portanto... na sua história... e... na história da ciência. Acho muito importante. tanto mais que os alunos estão habituados, e é mesmo a nível de 8º ano, estão habituados a que as coisas lhes apareçam cozinhadas, já feitas... (...) Quanto ao trabalho experimental acho importantíssimo porque é do que fica mais marcado no aluno (P12)"*

O trabalho experimental foi encarado de uma forma diferente: *"eles acharam muito engraçado!... partir de previsões... (P13) (...) tentar interpretar essas hipóteses (...) a conversa e o tema proporcionavam àquela experiência... portanto... (P14)"*.

A professora parece ter tomado consciência, avaliou e sente que pode reformular: *"...bom, porque estava com receio de precisar de mais aulas e tal... Para o ano é o que eu vou fazer é deixá-los chegar ás conclusões... discutirem... chegarem às conclusões... Eu conduzi-os um bocado demasiado... (P25)"*

Embora nesta resposta possa ainda ser visto algum resquício de um conceito de aprendizagem que envolve a descoberta pelos alunos. O entusiasmo da professora foi algumas vezes tão grande que se sobrepunha à crítica e à reflexão de modelos em decadência. De qualquer modo a percepção da necessidade de mudar foi da mesma dimensão. Sobre a importância das questões relativas às ideias sobre a própria natureza da ciência e sobre a sua construção, refere aperceber-se do papel da formação e da alteração que lhe provocou:

> *Até agora ... ainda não me tinha preocupado com esse assunto, ou seja, não tinha pensado que era importante realmente como é que evoluiu a ciência e o trabalho que dá chegar até aos conceitos que a pessoa lhes dá ali... sem mais nada. (P33).*

Podemos pensar numa mudança (percepcionada) atitudinal e igualmente metodológica que ocorreu na professora. Ocorreu nitidamente uma valorização da história da ciência e da sua importância no ensino da ciência:

> *Eu não tinha sentido essa necessidade, é engraçado! E agora vou sentir necessidade não só para este conteúdo, como para outros (ri). Portanto vou-me envolver numa pesquisa (ri). Que eu também não sei, não é? e portanto sempre que introduzir um conteúdo vou ficar com o vício de falar... portanto historicamente até à chegada desse conteúdo. Pelo menos vou tentar fazer isso. (P33)*

B- Impacte na Prática de Ensino

B1- Dificuldades na implementação e aspectos da prática de ensino a modificar

A professora pôs grande entusiasmo na participação no Projecto de tal modo que nos apercebemos no seu discurso de aspectos que deixam prever uma permanência de elementos conotados com uma perspectiva de ensino por descoberta e sobrevalorização da experiência.

Contudo há uma perspectiva de reflexão na acção e de reflexão sobre a acção que conduzem a um impacto apreciável na prática de ensino e a professora reconhece esse impacte. Considera *"Muitas coisas que falharam (P4)"* mas em particular admite que muita coisa vai mudar em relação às suas aulas, em particular, de 8º ano:

> *Vai, sem dúvida! Ah! Para já, para o ano que vem, não vou ser muito ambiciosa... vou concretizar apenas... vou repetir, melhorando, este conteúdo, do modo como foi dado este ano. Vou tentar melhorar porque realmente depois no fim senti que houve muitas coisas que eu senti que devia ter dito, que eu devia ter discutido, que eu devia ter feito... precisava de muito mais aulas e... acho que não era perder aulas era ganhar... porque realmente os alunos estavam envolvidos e podia dar uma sequência maior de aulas... (P9)*

Apercebe-se de que existiu alguma ansiedade, ampliada pela novidade mas é principalmente notória a sua vontade de mudar as suas prática, em geral, após reflexão sobre o decurso da sequência implementada:

> *Portanto vou fazer isso para o ano com calma, se tiver 8º ano... Vou fazer com calma e quando chegar a este conteúdo não vou pensar que tenho seis ou sete ou dez aulas para dar, vou avançar e vou dar as aulas que forem necessárias para isso, porque... vou mesmo mudar! (P9)*

Não especifica propriamente as dificuldades, sentindo-as principalmente na novidade, e nos seus constrangimentos pessoais (P15). No seu entusiasmo refere:

> *Pois, as minhas dificuldades foram essencialmente pessoais! Ah... estou convencida que sem o... os constrangimentos que tive... que a .. que vai resultar em pleno, a cem por cento!... portanto... esta planificação! Portanto não vi... dificuldades a não ser as minhas, pessoais. (P15)*

Esclarece a sua perspectiva: *As experiências eram simples, o material existia... portanto... os textos eram interessantíssimos e os alunos entendiam-nos. Portanto, não*

havia... (P16)" . Valoriza, em particular, neste ponto, questões que se acercam mais de aspectos pedagógicos, preocupações pedagógicas resolvidas. Relativamente a questões de natureza epistemológica confessa que *"Havia aquele texto do flogisto que era, portanto, um texto difícil. Eu estava com certo receio que eles não entendessem. Fiquei espantada! Porque efectivamente entenderam, e discutiram e... esclareceram-se até a nível de grupo.(P20)"*

B2- Aprendizagem dos alunos: conceitos e imagens sobre ciência

A professora considera que, da perspectiva da aprendizagem dos alunos, a proposta se reveste de importância, no sentido de considerar a aprendizagem de conceitos e imagens sobre ciência. Os alunos alteraram a sua habitual perspectiva:

> *Tanto mais que os alunos estão habituados, e é mesmo a nível de 8º ano, estão habituados a que as coisas lhe apareçam cozinhadas, já feitas... e não imaginam o trabalho que aquilo deu até chegar ali... Portanto certamente vão valorizar muito mais a ciência se virem qual foi a evolução ao longo dos anos. Portanto... e... acho muito importante essa contextualização da ciência, a história da ciência. Quanto ao trabalho experimental acho importantíssimo porque é do que fica... mais marcado no aluno... É o trabalho experimental (perspectiva da valorização da experiência?) (P12).*

Relativamente à avaliação a professora refere-se a dois aspectos, uma mais formal (talvez mais tradicional, ainda): *"Mesmo nos testes... eu depois fiz-lhes um teste relativamente a este tema e eles lembraram-se: Ah! da experiência tal... Portanto, é!... e conseguiram concretizar e portanto responder bem às perguntas. Portanto acho... (P12)"* Apesar de nos passar esta imagem de sobrevalorização da experiência pretende que o trabalho experimental tenha sido encarado de forma diferente do que é habitual, da experiência pela experiência (manifesta alguma dificuldade em expressar as ideias):

> *Para provar... ou... pelo menos para... pois... eles acharam muito engraçado!... partir de previsões... (P13)"* Considera que os alunos se envolveram na exploração dos textos

e explica que *"depois surgiam essas experiências para tentar provar, ou para tentar interpretar essas hipóteses... portanto foi nesse sentido que eles gostaram imenso porque a coisa não caía ali: vamos agora fazer uma experiência, não? Ah! ... Ah... a conversa e o tema proporcionavam àquela experiência (P14)*

Relativamente ao interesse dos alunos, e em particular relativamente aos textos apresentados explica que: *"Eles liam, e compreendiam e seguiam atentamente (P18)"*. Não sentiu que os alunos tivessem dificuldades: *"Não, não! Nenhuma! (P19)"*. E explicita melhor:

Havia aquele texto do flogisto que era, portanto, um texto difícil. Eu estava com certo receio que eles não entendessem. Fiquei espantada! Porque efectivamente entenderam, e discutiram e... esclareceram-se até a nível de grupo. Quando havia dúvidas esclareciam-se uns aos outros (P20).

Os alunos envolveram-se na discussão. A professora não videogravou uma aula de discussão dos alunos, talvez por receio de ser muita confusão e também como nos explicou porque eles faziam muito barulho e tornar-se-ia imperceptível na gravação. De qualquer modo considera muito positiva essa aula a que se seguiu uma aula de apresentação dos resultados da discussão.

Quanto a uma avaliação pelos relatórios a professora explica a aprendizagem dos alunos:

Portanto, comparando os relatórios que eles fizeram... eu posso-lhes depois fazer fotocópias dos relatórios que eles fizeram deste conteúdo, comparando com os relatórios doutros temas... eh... notei que, por exemplo, eles fizeram uma introdução muito maior... nos relatórios deste tema, porque... eh... estavam a perceber tão bem, que conseguiram por uma parte teórica muito maior, portanto... descreveram muito mais a... o que viram, e até os conteúdos, portanto... a introdução teórica muito mais desenvolvida... e muito... pronto... via-se que eles perceberam bem (P29)

Acha que os relatórios revelam que os alunos perceberam o problema que estavam a tratar e dá conta da diferença em relação a anteriores relatórios: *"e portanto isso resultou em relatórios muito engraçados... e muito pormenorizados. Os outros não*

eram tão pormenorizados. Dá-nos ideia que não tinham as ideias tão claras, e portanto não faziam os relatórios tão pormenorizados.(P30)".

Considera que os alunos modificaram as ideias que tinham sobre ciência/puderam construir imagens mais adequadas sobre a ciência e a construção do conhecimento científico *"Pelo menos ficaram com uma ideia de como é que foi construída a ciência... que acho que eu ainda não tinha dado a nenhuma turma essa noção (P33)"*

B3- Avaliação da Proposta Didáctica

A professora é muito entusiasta relativamente à sua participação no projecto e naturalmente à apreciação que faz da proposta de planificação/sequência de ensino desenvolvida. Algumas vezes a avaliação parece atravessada por esse entusiasmo exuberante que não permite clarificar muito bem outros aspectos relativamente ao envolvimento no processo.

Considera, de forma geral, muito positiva a proposta didáctica em vários aspectos: *"Acho muito importante situar uma... um conteúdo... portanto... na sua história... e... na história da ciência. Acho muito importante (P12)".*

Tenciona continuar a seguir um esquema semelhante, dando atenção a aspectos já apontados: *"Pelo menos a parte histórica, poderei aproveitar muito, no fundo, do que foi feito aqui... e a parte experimental... Começar pelas experiências... as experiências a manter... a sequência deste trabalho acho que está boa (P32)".*

Numa comparação com o que era habitual fazer, considera que este conjunto de aulas não tem semelhança com o que habitualmente se faz:

> *Tanto mais que os alunos estão habituados, e é mesmo a nível de 8º ano, estão habituados a que as coisas lhe apareçam cozinhadas, já feitas... e não imaginam o trabalho que aquilo deu até chegar ali... Portanto certamente vão valorizar muito mais a ciência se virem qual foi a evolução ao longo dos anos (P12)*

Considera que a proposta permite encarar o trabalho experimental de outra forma (P13). Considera que os alunos se envolveram muito na leitura e discussão sobre os textos (P14) e também da forma como surgia o trabalho experimental: *"portanto foi nesse sentido que eles gostaram imenso porque a coisa não caía ali (P14)"*

6.4.1.2. Professora C-2

A- Impacte na vida profissional e avaliação do percurso de Formação

A1- Significado pessoal e profissional da participação no Projecto de investigação (formação) (aspectos positivos e negativos)

"Foi a primeira vez que eu trabalhei um percurso destes e isso tem muita influência... eu penso que isto poderia ser continuado e com muitíssimos melhores resultados. (P7)". Na sequência da primeira apreciação, a professora mostra o envolvimento pessoal e dá exemplos: *"Há sempre coisas pessoais. Os documentos, há partes... meus, pessoais, completamente pessoais, que eu fui fazendo... alguns surgiram no momento (P10)"*, afirmando a mensagem que se pretendia passar, aquando da formação no sentido de uma apropriação consciente da proposta didáctica apresentada e discutida.

Reconhece que teve *"que ler bastante, bastante, tentar eu mesma meter-me e recuar, esquecer o que sabia e eu própria falar.. do óxido... ser mais simples ou... ser mais simples... é sempre uma linguagem que custa... e falarmos com credibilidade... quase como quem acredita, não é? (P20)"*, referindo-se à apresentação da teoria do flogisto.

Ainda em termos pessoais considera *"uma valorização"* pela *"participação em experiências novas"* (P33). Investiu realmente muitas horas de trabalho (P36).

> *Sempre que a pessoa tem que mudar de atitudes ou dar as coisas com uma nova visão não vai fazê-lo sem preparação... Portanto isso... à parte, a um professor que é responsável e consciente vai imediatamente acarretar-lhe que se fundamente, que leia mais umas coisas... (P43)*

Quando se diz que os professores em geral não são muito receptivos à participação em projectos desta natureza, a sua perspectiva é

> *porque são coisas que requerem muito trabalho. (sorri) Muito trabalho e presença na escola fora do horário lectivo que eu acho que ainda é o que mais custa... porque as pessoas já têm a sua vida muito programada, as escolas não estão programadas para os grupos se encontrarem... os professores do mesmo grupo se encontrarem... não há horas comuns.(P35)*

na perspectiva de que um Projecto/proposta desta natureza e a exigência material e documental implicariam o envolvimento de um grupo. As escolas não são vistas pelos próprios professores como incentivadoras do desenvolvimento de tais projectos.

E quando se fala na utilidade de voltar a ver as videogravações, como fez, adianta: *"é... até era muito útil que todos os professores tivessem algumas aulas filmadas e reflectissem sobre elas... acho que sim. (P54)".*

A2- Aspectos em que reconheça o papel da formação

"Sim, pelo menos a parte histórica poderei aproveitar muito, no fundo, do que foi feito aqui... e a parte experimental... (P32)".

Investiu realmente bastantes horas neste projecto (P36) mas do ponto de vista da formação considera importante *"tudo o que é novo... Forneceu-me documentos... mesmo sobre o método experimental... o último, que eu achei interessante e estive a ler... acho que sim, tudo o que se aprende é bom. (P37)"* e continua: *"porque o método experimental, nós dizíamos aquela sequência de... (ri) de fases e agora pus-me a questionar também sobre essa sequência, se será correcta, etc. (P38)".*

Na sua implicação no processo de formação refere:

> *procurei sempre tudo aquilo que disse, ir-me documentar, quer sobre a parte histórica, quer sobre as datas que ia falar... quer na parte científica... sempre quando*

> *apareciam termos menos comuns... tentei ler vários textos, desde o tempo da alquimia ao tempo de Lavoisier, documentar-me o suficiente. (P42)*

Reconhece a alteração necessária: *"sempre que a pessoa tem que mudar de atitudes ou dar as coisas com uma nova visão não vai fazê-lo sem uma preparação (P43)"*, tendo tornado consciente a necessidade de que, mesmo assim *"há coisas que agora vendo com cuidado... a... terei talvez que me corrigir... a minha vontade de me dispersar... de falar de assuntos... e depois é uma luta interior... (P53)"*.

Tomou mais acuidade em aspectos respeitantes aos próprios alunos:

> *E com este trabalho foi possível eu aperceber-me que para alunos de 8º ano vai ser preciso fazer um protocolo muito, muito pormenorizado... (...) portanto temos que dedicar mais tempo à parte experimental (P56)" " E portanto isto foi muito importante para eu me aperceber realmente que temos que ter muito cuidado, porque aquilo que é evidente para nós constitui às vezes um obstáculo enorme para o aluno (P61)*

mostrando principalmente que está muito desperta para os problemas da prática de ensino. Assume uma atitude muito crítica e perece sentir que pode, agora, fazer uma reflexão e análise da sua própria prática.

B- Impacte na Prática de Ensino

B1- Dificuldades na implementação e aspectos da prática de ensino a modificar

Na perspectiva de reflexão das próprias práticas de ensino e de consciência do processo em que é interveniente activa, a professora refere:

> *Sim... haveria coisas que eu iria modificar (porque eu também tive... Talvez isso não tivesse corrido muito bem... Ofereceram-se toda a possibilidade de mudar o que quisesse. Eu achei que não iria fazer isso... é que tinha estado tanto tempo a trabalhar com aquilo... e que ia aplicar tal e qual o que desse para... para testar a sua ideia, etc.... (P9)*

A professora considera que foi dado demasiado relevo ao texto inicial sobre a teoria do flogisto, tendo-se envolvido demasiado na sua exploração/análise: *"é que dei muita importância ao primeiro documento, do flogisto, e senti que isso trouxe umas certas... uns certos prejuízos porque depois eles... agarraram-se à teoria do flogisto como se fosse... talvez por erro meu... como se fosse uma teoria aceite... (P13)"*. É notória a análise e reflexão que a professora faz da prática desenvolvida a par de uma consciência de participação num projecto de investigação. Reconhece que, nesse ponto, talvez não tenha feito passar a imagem de *"teoria aceite no seu tempo"*:

> *Mas se calhar isso não passou para os alunos, porque eles defenderam-na a peito como se fosse uma coisa!... e depois estavam sempre a falar do flogisto, do flogisto, e depois quando eu tentei... pensem pelas vossas cabeças, dêem as vossas interpretações... eles primeiro que abandonassem o flogisto!... Talvez pela análise extensiva que fizeram do primeiro texto (P14)*

Contudo acha que eles se aperceberam e sentiram a dificuldade que há na mudança de uma teoria:

> *isso acho que eles se aperceberam. Até se vê na apresentação dos textos finais, que eles dizem que o próprio Priestley descobriu o oxigénio ou ajudou a fazer os trabalhos e defendia sempre o flogisto, o flogisto... Eles aperceberam-se disso, só que... (P16)*

Apercebe-se da dificuldade de mudança conceptual e atitudinal dos alunos: *"Depois ficaram com essa explicação na cabeça (P17) Depois custou-lhes talvez um bocadinho a substituir (P18)"*. E conclui que, (talvez tendo em conta os alunos que tem na turma) modificaria: *"Talvez não dar tanta importância, referir assim mais... não obrigar os alunos a interpretar eles próprios, com reforço, aquela primeira parte...(P18)"*, nem com mais tempo, relativamente àqueles *"miúdos, é que... ou têm timidez ou... não sei... têm dificuldades em pôr as suas dúvidas... Mas isso é nas aulas*

todas, não querem ou não põem as dúvidas todas... Não as lançam cá para fora. (P19)".

Quanto às maiores dificuldades sentidas, não tem problema em reconhecer: *"Foi a minha própria formação. Encaixar-me dentro da ideia do Projecto... foi essa a parte inicial. (...) é sempre uma linguagem que custa... (P20)"* e refere ainda outros aspectos, em que é manifesta uma reflexão e crítica sobre a prática de ensino e a aprendizagem dos alunos:

> *Alguns textos também acho que podiam, talvez... estavam um bocadinho longos para aulas porque as aulas rendem efectivamente muito pouco (...) Portanto tentar seleccionar nos textos aquilo que realmente era essencial para poder dar tempo, porque a aula, os 50 minutos... seria ideal era termos aula de duas horas.(P21).*

Sente que é necessário *"Melhorar alguns pormenores técnicos nas experiências (P34)"* e: "

> *Uma coisa que talvez corrigisse... os protocolos para alunos, a este nível de 8º ano... temos que nos lembrar que é o primeiro ano da disciplina. Trabalho e prática de laboratório têm quase nenhuma. Nunca fizeram relatórios, etc. e eu encontrei que eles tinham dificuldades em seguir os protocolos (P55) (...) que para alunos de 8º ano vai ser preciso fazer um protocolo muito, muito pormenorizado... (P56) (...) temos que dedicar mais tempo nas aulas à parte experimental (P57/P58)*

identificando aspectos que se prendem com o facto de se tratar de alunos de 8º ano, da sua turma que conhece em particular e ainda da falta de hábito de participação em percursos desta natureza e exigência para os próprios alunos.

B2- Aprendizagem dos alunos: conceitos e imagens sobre ciência

Apesar das alterações que propõe, por reflectir sobre o processo na sala de aula, a professora considera que, da perspectiva da aprendizagem dos alunos, a proposta se reveste de importância, no sentido de considerar a aprendizagem de conceitos e imagens sobre ciência:

> *Quanto aos alunos também é importante porque lhes chama a atenção para muitos factos que eles talvez nunca tivessem dado importância, como valorizar o trabalho*

> *pessoal, encarar a ciência não como truque ou magia... mas mais um resultado de muito esforço... ah... muito esforço, demorado, muitas horas de trabalho... muita dedicação... A parte cultural também é importante; também tiveram... factos históricos, sociais, políticos... encarou-se esse aspecto muito... a própria política associada ao desenvolvimento da ciência... (P3)*

A professora faz uma avaliação pelos alunos:

> *A parte que eles mais valorizam é as experiências que viram fazer, que fizeram... eles gostaram bastante porque estão pouco habituados realmente a ter um local onde as possam fazer... e talvez foi muito importante essa parte experimental para os alunos porque eles aperceberam-se que as experiências são muito difíceis. É mais fácil saber a teoria do que realizar uma boa experiência, chegar aos resultados... tudo lhes corria mal, muitas vezes e interpretar... a parte crítica final é extremamente difícil... e encontrar soluções para o que corre mal é muito difícil. (P5)*

e quando se lhe pergunta, na sequência, se os alunos se deram conta desses aspectos, tem uma opinião assente: *"E eu acho que isso foi extremamente importante neles (P6)"*.

Considera que eles se aperceberam igualmente da dificuldade da mudança de uma teoria científica, num percurso de construção do conhecimento científico: *"Acho que eles se aperceberam. Até se vê na apresentação dos textos finais, que eles dizem que o próprio Priestley descobriu o oxigénio ou ajudou a fazer os trabalhos e defendia sempre o flogisto, o flogisto... Eles aperceberam-se disso (P16)"*.

No aspecto que constituía o objectivo principal da proposta, a professora reflecte: *"As imagens sobre ciência acho que o trabalho está bom (P23) Sobre ciência, aprenderam de certeza. E não só sobre ciência, sobre muitas outras coisas gerais, ligadas à história e a tudo... e a tudo. Sobre ciência acho que sim! A parte experimental também. (P24)"*.

Em relação à aprendizagem dos conceitos, e comparando com abordagens mais tradicionais, afigura-se-lhe claro: *"Pelo menos que ficariam melhor, visto que foi dedicada mais atenção e mais tempo. (P25)"* e em concreto:

> *A parte de experiências... do ferro... o ferro a aumentar de massa... acho que realmente para eles foi uma surpresa... total! O algodão, não! Eles mais ou menos todos estavam a prever precisamente mais ou menos o que ia acontecer... Quando chega à parte das explicações, muita dificuldade, muita dificuldade (P29)*

E ainda se refere ao interesse dos alunos nas aulas:

> *achava-os bastante interessados... até foi uma... uma surpresa para mim... Consegui manter o interesse deles em textos que eles têm dificuldade no aspecto que eles são bastante fracos, cada vez pior... a nível de português não têm qualquer prática de análise e crítica de textos e eu fiquei surpreendida nesse aspecto... A colaboração deles foi bastante boa, isso nota-se! Às vezes ficava surpreendida. A turma surpreendeu-me até porque geralmente são faladorzitos, ou pelo menos os outros professores queixam-se... que falam, que estão distraídos... por exemplo um elemento com problemas de concentração terrível... que se portou muito bem e que se nota que vai tendo atenção possível para ele (P44)*

B3- Avaliação da Proposta Didáctica

A professora considera, de forma geral, positiva a proposta didáctica: *"A parte experimental acho muito bem (P21)"*. Para possibilitar *"As imagens sobre ciência, acho que o trabalho está bem, porque isso nunca é feito. (P23)"*. E para proporcionar aprendizagens sobre ciência refere que "*Sobre ciência, aprenderam de certeza. E não só sobre ciência, sobre muitas outras coisas gerais também, ligadas à história e a tudo... e a tudo. Sobre ciência, acho que sim! A parte experimental também. (P24)*". Reconhece-lhe igualmente valor em relação à aprendizagem dos conceitos:

> *Pelo menos que ficariam melhor, visto que foi dedicada mais atenção e mais tempo. (P25) (...) A primeira parte, propriamente a lei de Lavoisier costumava ser muito rápido, muito rápido... (ri) essa parte era dada!! (P27) (...) Era dada. Era o enunciado e... nessa parte acho que é bastante melhor este processo (P28) (...) Muito interessante. A parte de experiências... do ferro... (P29)*

São várias vertentes consideradas como muito interessantes e tenciona continuar a seguir um esquema semelhante, dando atenção a aspectos já apontados: *"Pelo menos a parte histórica, poderei aproveitar muito, no fundo, do que foi feito aqui... e a parte experimental... Começar pelas experiências... as experiências a manter... a sequência deste trabalho acho que está boa. (P32)".*

Numa comparação com o que era habitual fazer, e referindo-se também aos professores em geral, considera que este conjunto de aulas não tem semelhança com o que a generalidade dos professores faz. (P31).

Quando se pergunta quantas aulas costumava usar: *"A primeira parte, propriamente a lei de Lavoisier costumava ser muito rápido... (ri) essa parte era dada!!... (P27). Era dada. era o enunciado e... nessa parte acho que é bastante melhor este processo. (P28) Muito interessante (P30)".*

Antes entendia algumas questões de forma diferente: *"porque o método experimental, nós dizíamos aquela sequência de... (ri) de fases e agora pus-me a questionar também sobre essa sequência (P38)".*

Considera que a proposta pode ser admitida pelo Programa:

> *Perfeitamente. Não vejo nenhum desajuste... só o único óbice é levar um bocadinho mais de tempo, em termos de programas a cumprir... mas são assuntos essenciais... e têm que ficar bem cimentados por isso também se perde mais um bocadinho de tempo... (P47)*

e até reconhece que há uma quantidade de conceitos que vão ser reaproveitados em termos de sequências posteriores e *"depois o trabalho ficou mais fácil (P49) (...) o trabalho depois foi recuperado... o tempo, ao fim e ao cabo, depois é recuperado pelo ano fora (P50)"*

Reconhecendo a diferença dos habituais esquemas e a não interferir, afinal, no cumprimento do programa.

6.5. Opinião de Alunos Participantes

Uma vez que a planificação foi concebida para ser dirigida aos alunos com vista a melhorar as suas aprendizagens no que respeita a conceitos e imagens de ciência, é indispensável, e tem sentido, fazer-se com os alunos uma avaliação da aprendizagem dos conceitos e da apropriação de imagens mais consistentes sobre ciências e sua construção, bem como conhecermos a apreciação destes relativamente ao interesse das aulas desenvolvidas na perspectiva que apresentámos.

O estudo foi desenvolvido no pressuposto de que melhorando o ensino, fundamentado numa perspectiva epistemológica actualizada, de revalorização do Trabalho Experimental e da História da Ciência, melhoraria a compreensão dos alunos acerca do conteúdo científico e as suas imagens sobre ciência, e que, simultaneamente, lhes deveria ser agradável a própria participação nas aulas.

Trata-se de alunos de 8° ano. Características particulares os assistem e por esse motivo estratégias particulares se nos afiguraram necessárias (as que foram apresentadas). Naturalmente que o desenvolvimento da prática de ensino, e questões de natureza estritamente pedagógica seriam susceptíveis de condicionar o êxito da planificação didáctica proposta. Interessava naturalmente ter uma ideia da própria compreensão do assunto, pelo conjunto de alunos das turmas e ouvi-los seria igualmente uma vertente importante e indispensável do nosso trabalho.

Fomos apontando aspectos relacionados com a aprendizagem e interesse dos alunos, ao longo da análise das práticas de ensino. Fomos anotando indicadores da compreensão do conteúdo científico subjacente e da percepção de todo o processo de construção do conhecimento científico que a problemática da substituição da teoria do flogisto pela teoria do oxigénio, permitiu evidenciar.

Assim, e para além das situações de avaliação organizadas por cada uma das professoras no âmbito do processo regular de ensino, de que também colhemos informação, organizámos uma pequena ficha com duas tarefas a que os alunos deviam dar resposta e uma ficha de avaliação mais direccionada para a apreciação do processo.

Reunimos depois com um grupo de alunos de cada uma das professoras que se mostraram disponíveis, e com os quais conversámos acerca do processo desenvolvido.

6.5.1. Alunos da Professora A-2

Sendo proposto aos quatro alunos a resolução individual de duas tarefas, aquando do confronto em grupo, os alunos mostraram compreender as situações propostas. Mesmo não tendo a resposta, imediata, sido correcta no caso do problema da oxidação do pó de ferro ao ar, que sendo uma questão quotidiana não tinha sido referida na aula, a compreensão revelada pelos alunos foi elevada após a análise em grupo, da situação proposta.

Os alunos parecem ter compreendido os conceitos e usá-los de forma correcta: reacção química, combustão, reagentes e produtos da reacção, intervenção de produtos gasosos nas reacções químicas, conservação da massa.

Neste grupo de alunos um deles pretendeu inicialmente monopolizar o grupo. Como os colegas, que o conheciam bem, se tenham oposto a esse seu comportamento, tomou uma atitude menos colaboradora. Embora se recusasse a mudar de opinião nalgumas situações, revelou contudo, nalgumas intervenções, que compreendera o assunto e que participara activamente nas aulas. É alvo de repreensões/desaprovações frequentes por parte dos colegas ao longo da entrevista.

Concordam que a forma de tratar os assuntos nas aulas ajudaram a compreender e interpretar as situações propostas.

Quando se lhes pergunta se gostaram do conjunto de aulas sobre as questões da conservação da massa e da forma como foi tratado o assunto foram unânimes em dizer *"Sim, gostámos (A82)"*. Para os alunos pareceu tão afastado da forma habitual de tratar os assuntos que uma aluna refere: *"Gostámos. Mas não faz parte da matéria (A83)"*. Informados de que tal tema se integra no Programa Oficial, explica uma aluna: *"Estendemos. Alargámos um bocado... (A85)"* e outra completa a ideia: *"Não faz parte do nosso Programa ter que explorar assim... (A86)"* deixando-nos uma imagem de que pode parecer aos alunos que é o próprio Programa que tem características identificadas com um ensino tradicional.

Em seguida os alunos referem que *"Foi uma maneira muito diferente de aprender. E tivemos muitas folhas. A stora distribuiu muitas folhas até da evolução das ideias. Não foi logo chegar lá e dizer o que era. Fomos descobrindo as coisas (A90)"*. Os colegas concordam, e uma delas acrescenta: *"Passo a passo com eles. Até as experiências que eles foram fazendo para chegar a essa conclusão (A92)"*.

Uma aluna deixa perceber que compreendera o processo da mudança de teoria, pelo percurso histórico e que eles próprios fizeram um percurso com algumas semelhanças, dando conta das alterações na interpretação das reacções de combustão: *"Íamos tendo ideias diferentes... Ao princípio deu-nos a entender que a massa não se mantinha. (A94)"*. E outra aluna explica que o percurso de aprendizagem feito foi construtivo: *"Porque se por acaso nos dissessem logo o final nós ficávamos sem compreender, porque nós podíamos ter a nossa ideia... E assim percebemos, fomos percebendo... era um cientista que achava de uma maneira, mas... (A96)"*. Os alunos passaram-nos uma imagem de que acompanharam o percurso e de que se envolveram com entusiasmo: *"Tinha a sua teoria e por exemplo nós concordávamos com ela... mas aparecia outro... que nos fazia pensar de outra maneira... Pensar que aquela se calhar era mais correcta... (A98)"*. Aparentaram ter dado conta da dificuldade de mudar uma teoria por outra mais. Aperceberam-se da dificuldade de Lavoisier e seus colaboradores; como refere um aluno: *"Não foi fácil também para ele chegar àquela teoria (A151)"*.

Um outro aspecto muito valorizado pelos alunos foi o trabalho experimental que compreenderam integrado na estratégia: *"E também com as experiências que fizemos. Também ajudou. Fizemos muitas experiências (A99)"* que vinham *"do trabalho dos cientistas que nós estávamos a aprender. (A103)"*.

Igualmente os textos são muito valorizados pelos alunos: *"As folhas também explicavam porque é que se mudava. Não era, agora vamos deixar de pensar assim para pensar de outra maneira. Havia uma evolução da ideia... (A105)"* percebendo a dificuldade da alteração de uma teoria científica e acedendo a imagens de ciência mais dinâmica. Um deles explicou, fazendo o paralelismo com o seu próprio processo: *"Se calhar para nós até foi mais fácil! (riem) Já tínhamos o que eles tinham (A108)"* parecendo distinguir entre processo de construção da ciência e aprendizagem sobre ciência.

Sobre as discussões a propósito das teorias antagónicas: *"Discutimos muito. Tanto que nós no princípio... Cada um expôs a sua ideia, o que é que achava... (A113)"* confirmado por outra aluna: *"Dividimo-nos... (A114)"*. E outra ainda: *"Sim, cada um. Cada grupo... tinha a sua ideia... e depois ia escrevendo as teorias de cada grupo... E havia muitas ideias diferentes... (A115)"* deixando passar o entusiasmo com que participaram nas discussões em grupo e entre os grupos. O entusiasmo é revelador do envolvimento nas discussões da participação nas aulas e da atitude de aceitação de ideias diferentes e da disposição de as alterarem por melhores argumentos.

Os alunos deste pequeno grupo esclarecem, notando a diferença do que é habitual: *"Também nunca nos tinha assim aparecido uma situação. (...) Isto já era assim uma coisa que nos empolgava mais (A125)"*, completado por outro aluno: *"E era assim mais... era diferente!... E tínhamos assim outros métodos. (A126)"*.

Os alunos apreciaram a forma diferente, repetindo com frequência a ideia: *"Se a nossa professora tivesse chegado cá e tivesse dito logo a teoria... se calhar explicava-nos... mas só assim... geral... E assim fomos evoluindo, pronto, fomos acompanhando e foi mais fácil (A141)"*. Consideram a documentação interessante; apenas um aluno

declara que eram *"um bocado extensos (A144)"*. Apreciaram as ilustrações de Madame Lavoisier que os ajudaram a contextualizar melhor as situações numa relação de desenvolvimento científico e tecnológico e a valorizar o trabalho de Lavoisier. Refere um aluno: *"Tinham figuras, tinham aqueles desenhos. Tinham figuras das experiências, daquele material que Lavoisier tinha utilizado... (...) Havia umas coisas complicadas. (A145/A147)"*

E ainda serem filmados *"também trouxe responsabilidade (A156)"* e, como dizem: *"se calhar empenhámo-nos mais nas tarefas. (A157)"*.

6.5.2. Alunos da Professora C-2

Os alunos mostraram uma elevada compreensão relativamente à interpretação das tarefas propostas. Parece sair reforçada a compreensão dos conceitos envolvidos: reacção química, em particular reacções de combustão, reagentes e produtos da reacção, conceito de sistema (aberto e fechado), a questão da conservação da massa e o papel das substâncias gasosas, o significado, a escrita e o acerto de equações químicas.

Pareceram igualmente compreender o que é uma teoria e o processo árduo de substituição de uma por outra mais consistente para a interpretação dos fenómenos. Um dos alunos falou das *"suspeitas de Lavoisier"*, como ele refere: *"suspeitas que havia uma substância qualquer no ar... que ele não sabia ainda qual era... que quando se combinava, quando entrava em combustão... que era... que permitia realizar a combustão, porque sem essa substância não havia combustão"*. Igualmente se aperceberam da dificuldade da aceitação de uma teoria: *"Difícil. Muito tempo depois é que foi aceite"*, como esclarece outro aluno. Apontam muitos aspectos biográficos de Lavoisier. Ressaltaram o papel da Academia das Ciências: *"ia expor as suas ideias e discutir contra os cientistas que se lhe opunham"*. Falam ainda do seu Laboratório e

como diz um deles: *"O laboratório dele acho que era um dos melhores da Europa"* e acrescenta outro: *"Porque ele tinha possibilidades económicas e comprava os materiais"*. Lembram a balança e a bomba de vácuo como instrumentos importantes no laboratório e o contributo de outros nomes de químicos e da própria mulher de Lavoisier.

Quando se lhes pergunta se gostaram de tratar aquele assunto daquela maneira é unânime a resposta afirmativa, e dizem, em particular: *"Foi uma maneira interessante de tentarmos perceber as coisas"*.

Naturalmente que um dos aspectos que todos gostaram foi da *"realização de muitas experiências"*, mas um deles acrescenta: *"E o trabalho... trabalhos de experiências, trabalhos de grupo. Conseguimos expor as ideias; também a curiosidade de as aulas serem filmadas"*.

Em relação à discussão vem principalmente ao de cima o entusiasmo: *"Antes de estudarmos os assuntos nós discutíamos em grupo"*, *"Discutimos muito. As teorias... dos cientistas... A stora perguntava: então vocês sabem o que é isto?... E depois nós dizíamos uma coisa... Cada um dizia uma coisa, depois quando soubemos como é que era... o que nós dissemos não tinha sentido nenhum..."*.

Diz outro aluno, relativamente ao interesse do assunto, notando a diferença da proposta: *"Eu penso que também foi muito interessante estudarmos os cientistas porque normalmente quando se dá a matéria normalmente não estudamos aquilo que os cientistas fizeram anteriormente. E acho que também foi importante e ajudou a perceber tudo melhor"*.

Declaram que não estavam habituados a fazer tais discussões mas que *"é muito importante. Nós gostámos bastante"*, *embora um aluno tenha referido: "eu acho é que alguns textos eram assim... confusos... Tinham algumas palavras um bocado complicadas."*

Praticamente no final da conversa, um dos alunos interrompe com entusiasmo para contar:

> *Uma vez, que o nosso grupo estava a discutir... estava tudo... mas não é assim!... Já estava tudo até muito exaltado... de repente a câmara vira-se para nós... (riem) ficámos caladas, não dissemos nada! (...) depois continuamos. Quando a câmara já não estava a filmar começámos outra vez (entusiasmo nas respostas) Começámos logo!*

Um outro esclarece, sobre o interesse da turma, que extravasou as portas da sala de aula e da escola:

> *Achei as pessoas muito interessadas. Acho que... Discutiam. Estavam interessadas nas aulas... muitas vezes isso não acontece... Houve discussão... Depois nessa discussão que nós tivemos... notei que quando viemos cá para fora... Nós já íamos para casa... passámos dias e dias, sem ser dentro da escola... (os outros também entram sobrepondo as vozes entusiasmadas) Dias e dias a falar... atentar perceber porque é que aquilo acontecia, porque é que aquilo não acontecia... Mas sem ser dentro das aulas!*

E outro avança:

> *Nós... uma dizia assim: a massa aumentava, outra dizia que a massa diminuía e nós estávamos ali assim em confronto... mas a massa diminui porque... pronto... qualquer coisa!... A massa... Não! Mas a massa diminui! Porque... Nós, mesmo cá fora, nos intervalos, depois das aulas de Físico-Químicas, estávamos a falar daquilo e... realmente andámos a falar... a discutir aqueles problemas.*

6.6 - Encontro de Opiniões

A última parte da entrevista com cada uma das professoras colaboradoras virou-se para a opinião sobre a análise que a investigadora fizera das suas práticas de ensino. Foi explicado que fazia parte do processo investigativo referir a concordância, ou não, com a análise feita. Saber, nomeadamente se considerava aspectos que a investigadora não tivesse interpretado em consonância e lhes pudessem parecer que alterariam a sua

intenção. Conjuntamente com os aspectos colhidos nas entrevistas e já apresentados/analisados tinha esta actuação um carácter de confronto da análise realizada e das inferências produzidas pela investigadora com as participantes directas e as destinatárias principais do Estudo desenvolvido e também com as opiniões gerais dos alunos, já apresentadas.

Professora A-2

A opinião da professora sobre a análise efectuada pela investigadora é apontada de forma directa: *"Acho que está bastante de acordo com as minhas aulas. Sim, sim. (P36)"*. E explica mais consisamente que se sente *"retratada"* nessa análise: *"Aliás algumas dificuldades até que eu tive... e que senti... (.../...) vêem-se aqui... É engraçado! Tive até dificuldade na interpretação de algumas coisas e a Fátima sentiu isso, também! (P38)"*.

Não encontrou aspectos que tenham sido interpretados de forma diferente da sua intenção. E a leitura que fez, agora, das suas aulas, ainda considera que também é importante, em termos da sua própria formação. Aponta, nomeadamente, aspectos concretos:

> *A leitura deste texto? Ah, sim. Sem dúvida! Sim, porque, portanto... eu já tinha sentido algumas coisas nomeadamente aqui... pronto, a Fátima diz e com toda a razão que eu conduzo demasiado os alunos, ou seja... Eu também, senti isso, senti que estava... depois das aulas... pensei: pensei: olha, nesta altura podia ter deixado que eles discutissem mais ou então, uma discussão demasiado longa podia ter... enfim... moderado e... passado a outra questão e portanto... senti isso. (P42)*

E realça o carácter formativo que também tínhamos de forma intencional quando remetemos a análise a cada uma das professoras: *"e é engraçado porque isso está aqui retratado e que... pronto... vou aprender e vou tentar melhorar na minha nova aplicação deste... (P42)"*, considerando que se tratou de facto uma grande modificação. E reconhece ser útil ter acesso: *"Porque... tem graça!... é útil porque a Fátima refere*

aqui coisas que eu já tinha sentido e... concretiza! Portanto vou... baseada nesta situação fazer de outra maneira. Melhorar, sem dúvida! (P44)"

Professora C-2

A opinião da professora, traduziu-a por escrito, com os seguintes comentários:

> *A análise corresponde na integra ao desenvolvimento das aulas. A investigadora, não sendo uma observadora neutra, conseguiu fazer uma análise isenta"* e *"Esta análise parece à professora uma oportunidade única de se ver do lado de lá, na aula. A análise veio de encontro a muitos dos reparos e interrogações que a professora foi fazendo de aula para aula.*

Considera ainda que:

> *há afirmações da professora para as quais a investigadora se questiona se elas traduzem as suas intenções, mas mais uma vez as sugestões das intenções alvitradas vão de encontro ao modo de pensar da professora que, por infelicidade, proferiu termos ou frases, aqui ou além, que podem ter deixado uma ideia contrária*

A professora considera ainda que esta participação que lhe é pedida, de ter opinião sobre a análise feita às suas aulas, é um aspecto ainda inserido na lógica da formação o que vem realçar e reforçar o valor do processo de investigação-acção colaborativa (e o papel da reflexão na formação). Como ela diz, *"oportunidade única de se ver do lado de lá, na aula"* e a reacção ao confronto com as imagens que passam nas suas aulas, reafirma a *"dificuldade de nos libertarmos de 'dogmas' bem estabelecidos"*. Torna-se, com este processo, mais crítica relativamente às suas opções na prática de ensino.

Alunos

A análise das imagens obtidas e dos descritivos permitiam-nos tomar em consideração uma aprendizagem mais significativa de conceitos de ciência e de imagens sobre ciência, bem como das atitudes dos alunos e em particular o interesse manifestado (como fomos dando conta nas análises das práticas de ensino desenvolvidas). Contudo as

entrevistas conduzidas com um grupo de alunos de cada uma das professoras permitiram-nos de forma mais consistente aceder às suas próprias opiniões declaradas.

Podemos assim considerar que as opiniões dos alunos corroboraram igualmente o interesse da proposta que concebemos, construímos e partilhamos criticamente com as professoras a pensar que ela podia constituir uma alternativa para uma aprendizagem mais consistente e mais interessante. Eles mostraram, dessas diversas formas, a sua compreensão do assunto, pelas suas declarações com palavras entusiastas.

Muito haverá a melhorar, concerteza!

Capítulo 7

Conclusões e Implicações do Estudo

7.1. Introdução

À medida que o próprio estudo avançava, as hipóteses que o iam guiando permaneceram como orientadoras indispensáveis mas foram-se refinando a cada momento. No percurso, o Projecto foi ganhando corpo e pensamento. Apesar das limitações, que de forma mais particular os trabalhos académicos apresentam, avolumou-se a cada nova decisão e a cada nova intervenção. E essas conclusões intermédias, que foram guias, encaminharam-se para conclusões mais gerais que tomam finalmente neste Capítulo o lugar e a ordem por que as queremos deixar para que se tornem úteis como pontos de partida para novos desafios. Tais conclusões vêm acompanhadas de alguma dose de reflexão que não pudemos, nem quisemos nunca, isolar do caminho.

A apresentação das conclusões finais segue a ordem metodológica, considerando as Hipóteses orientadoras e os Objectivos estabelecidos para o Estudo dentro do Quadro Teórico de Referência considerado.

Por fim apresentam-se alguns aspectos que este Estudo necessariamente, para frutificar, terá de implicar.

7.2. Conclusões

Remetemo-nos para os resultados apresentados e analisados no Capítulo 4, respeitantes à prática de ensino de quatro professoras de Física e Química, 8º ano de escolaridade, assunto central: " Conservação da Massa nas Reacções Químicas". Desde o início do Projecto que a selecção temática estava feita, pelos motivos apresentados (Capítulo 1), que largamente o consideravam como interessante. Relativamente a duas professoras a análise recaiu sobre temáticas programáticas próximas, relacionadas de forma directa com o assunto seleccionado. Para todas foi videogravado um conjunto de aulas da unidade temática do Programa que inclui o assunto seleccionado. Se a videogravação tivesse incidido, exclusivamente, no assunto que constituiria o cerne do interesse da investigação, só teria sido possível obter um número muito reduzido de aulas (uma ou duas) para análise, uma vez que as professoras que o abordaram lhe dedicaram pouco tempo, efectivo. Este é um primeiro aspecto a apontar: o tema que seleccionámos é tratado de forma fugidia. As duas professoras que trataram efectivamente o assunto, afastadas geograficamente uma da outra e com perfis profissionais diferentes, trataram-no de forma idêntica, usando "a mesma experiência" a que atribuíram um papel central para estabelecer a partir dela a lei da conservação da massa e caminhando rapidamente para a algoritmização do acerto de equações de reacções químicas.

A importância que atribuímos ao assunto não pareceu ser sentida pelas professoras. Total ausência de referência histórica e enunciado da lei após demonstração experimental com recurso à habitual reacção entre o nitrato de chumbo e o iodeto de potássio. Em nenhum dos casos se fez qualquer referência à existência de substâncias gasosas, à polémica que ao tempo de Lavoisier animou a comunidade científica em torno da alteração de uma teoria e ao envolvente sócio-económico, tecnológico e político que a enquadrou.

As outras duas professoras que, por falta de tempo, não entraram no assunto, deram de forma metodologicamente semelhante outros assuntos em comum, da mesma unidade programática. Fica-nos a ideia de que os assuntos não são tratados de forma específica. É o conteúdo, de per si, que é valorizado, acarretando um conjunto de termos, factos, e fenómenos/experiências que o identificam. Aparentemente numa ciência sem memória, em que a epistemologia particular do assunto não é considerada. Este surge sem percurso, sem problematização, e principalmente envolto numa auréola de neutralidade científica.

Os professores "novos", com algumas diferenças que a inexperiência profissional ainda faz sentir, já seguem os passos dos colegas na fatalidade de um modo único de ser professor de Física e Química.

Naturalmente que foram identificados aspectos positivos e interessantes na prática de ensino analisada. Tais aspectos são episódicos, não se tratando do conjunto articulado da prática de ensino do assunto, com consistência de uma posição epistemológica, ou de uma forma didáctica integrada e significativa.

Adoptando uma estrutura semelhante àquela que seguimos aquando da análise dos resultados, em capítulos anteriores (Capítulo 4), apresentaremos a conclusão sobre a prática de ensino global de cada uma das professoras com incidência nos aspectos de ordem epistemológica que constituíram o cerne da nossa análise. De uma forma mais dirigida para a dimensão epistemológica, as sínteses que seguem as narrativas das aulas funcionam como conclusões diferenciadas para cada professora. Atentaremos em aspectos gerais em que se podem estabelecer como padrões conclusivos e, por fim, remetemo-nos para a primeira Hipótese do Estudo.

Professora A

Por vezes deixa transparecer uma intenção problematizadora, mas esta acaba por ser abandonada, e sobressai a linearidade dos percursos propostos em que os alunos são

conduzidos sem conhecer o plano orientador. Não são clarificadas as razões da escolha dos procedimentos metodológicos nem são fomentados percursos alternativos.

Ausência de previsão e de sentido crítico. Hipótese ausente. A postura epistemológica é de valorização do papel da observação e da experiência sem relação com um quadro teórico. Algoritmiza-se o assunto. Passa uma imagem de saber em definitivo, corpo factual da ciência. Omitida qualquer referência à HC. Esforço para obter dos alunos respostas "correctas".

Algumas referências ao trabalho dos cientistas e à sua dimensão humana. Faltou o ambiente de confronto de ideias e discussão que caracteriza as comunidades científicas.

Sensível a questões ambientais, não implementa deliberadamente estratégias CTS. O sentido vai da ciência para temáticas da tecnologia e de questões ambientais, atribuindo à ciência um papel principal.

Concluímos por caracterizar a prática de ensino desta professora, centrada em preocupações pedagógicas, essencialmente empirista, numa imagem de crença na ciência numa postura realista ingénua.

A **Professora B**, no início de carreira, revela uma grande imaturidade profissional. Simultaneamente, consideramos que apresenta "já" largos traços de um modelo muito tradicional. Particularmente dificuldades de ordem pedagógica que afectam o clima de sala de aula e o próprio desenvolvimento do assunto ao nível mais elementar de transmissão. Há falta de reflexão sobre o processo de ensino-aprendizagem, desconhecimento de questões de Didáctica geral e específica, dificuldades científicas. Tal implica uma grande necessidade de reflectir a sua prática de ensino e de aprofundar conhecimentos ao nível científico, didáctico, epistemológico, História da Ciência, aspectos pedagógicos... A sensação que nos invade é que a inquietude manifestada pela expressão da professora de não compreensão das dificuldades dos alunos venha a contribuir para alterar a sua forma de estar na profissão e a procurar ampliar o seu saber didáctico, se tiver oportunidade de situações de formação interessantes... Poderá ocorrer

desinteresse crescente e acomodação à insatisfação. Após a participação na primeira fase do estudo não se disponibilizou para continuar.

Professora C - Mesmo que praticamente correcta, do ponto de vista científico, a sua apresentação do assunto, o facto de não estar alertada para outras formas de planificação didáctica e de desenvolvimento das práticas de ensino faz com que a estrutura das aulas seja igualmente muito tradicional. Assuntos encarados de forma simplista, linear, cercados de definições... para um tratamento algorítmico, afastado da imagem de ciência e conhecimento científico com estrutura e história, com relação com a Tecnologia e a Sociedade, com implicações políticas e económicas, uma ciência com rosto humano e social.

Professora D

Valorização do produto final e desvalorização dos processos. Referência à "regra geral", na forma de conclusões indutivamente tiradas das situações propostas e conducentes à teoria, numa perspectiva empirista e indutivista da construção do conhecimento.

A imagem de ciência que se valoriza é a de um corpo de conhecimentos, retórica de conclusões, na forma de produto algoritmizado e aproblemático, sem processo de construção, numa perspectiva limitada e estática do saber científico.

As observações não são orientadas por critérios com base em modelos e teorias. Imagem de confirmação da teoria pela experiência. Situações experimentais com papel ilustrativo, valorização excessiva da observação.

A ausência de referência histórica faz sobressair uma perspectiva e imagem redutora da ciência que a limita à forma e conteúdo da actualidade e em definitivo. A lógica da linearidade e facilidade conduz a limitados produtos finais a memorizar e afasta e ignora o percurso de construção de conhecimento.

Surgem com frequência CA que são induzidas ou reforçadas pela professora e não o diagnóstico e a sua consideração intencionais. Permitem-se imprecisões de linguagem e falta de rigor na execução das tarefas, confusão de termos, falta de rigor e erros científicos.

Não referência a cientistas e ao seu trabalho e vivências no seio da comunidade científica. Imagem de saber feito, aproblemático, definitivo, sem rosto humano nem social. Ciência tratada como se de réplica da realidade se tratasse.

Não ocorre exploração dos temas em contexto de influências e interrelações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade.

Concluímos por considerar que predomina uma imagem de ciência de saberes académicos, num dogmatismo cerrado, ausente de implicações, bem como uma imagem de crença numa neutralidade científica.

Em conclusão, para as quatro professoras analisadas, na fase naturalista do Estudo, parece poder tecer-se um perfil geral comum: Dose de realismo ingénuo, pendor mais empirista, grande valorização da observação e papel central para a experiência, preocupações principalmente pedagógicas (método principalmente interrogativo, de falsas questões que fazem avançar o assunto na linha estabelecida pela professora que domina o tempo e o discurso). Ausência de problematização, de considerações teóricas antecedendo a observação... Assuntos sem estrutura e sem história. Imagem de ciência neutra, dogmática, linear... Conhecimento científico como inequivocamente verdadeiro, acabado, aproblemático.

As conclusões da análise dos Questionários sobre o Programa passados aos Professores (nomeadamente às participantes neste Estudo) apontam para dificuldades de leitura epistemologicamente sustentada e igualmente para o predomínio de preocupações de natureza principalmente pedagógica e de domínio estritamente científico dos conteúdos ou das áreas temáticas. Predomina uma visão utilitária, funcional e

instrumentalista, essencialmente pedagógica. A dimensão epistemológica não é propriamente consciente e assumida pelos professores na leitura do texto oficial, o que não pode conferir às práticas de ensino a dimensão necessária para conduzir a imagens desejáveis nos alunos sobre a ciência e o conhecimento científico.

As conclusões apontadas constituem assim o ponto de partida para as fases subsequentes do Estudo. Deste modo corroboramos a nossa **Primeira Hipótese** de que as práticas de ensino dos professores e as leituras que fazem dos Documentos Oficiais - Programa -, são essencialmente marcadas e conduzidas por preocupações pedagógicas e as imagens sobre ciência e conhecimento científico não podem ser consideradas consonantes com o quadro das apropriações didácticas feitas à Nova Filosofia da Ciência, no sentido em que este foi apresentado nos Capítulos iniciais. Sem quadros epistemológicos explícitos segue, contudo, tendências de uma imagem de pendor mais positivista e empirista.

Fase de Formação

As professoras-colaboradoras empenharam-se no processo de formação, estudando documentos de apoio e discutindo criticamente com a investigadora, principalmente questões de natureza epistemológica, e aspectos que se prendiam directamente com a proposta de planificação e com a prática de ensino do assunto seleccionado.

Não conseguimos que alterassem abundantemente a proposta que tínhamos elaborado e que servia de guia e de orientação, embora as professoras organizassem algum material adicional explorando-o com um cunho pessoal. Consideramos que se apropriaram da planificação. Resultaram práticas de ensino diferenciadas entre elas e em relação à fase anterior em que sobressaem os traços da personalidade de cada uma das professoras e das respectivas turmas.

Nesta fase, valorizando um percurso de Investigação-Acção (IA) as professoras partilhavam completamente com a investigadora os objectivos e hipóteses do Estudo.

A informalidade que se gera entre professoras e investigadora é muito positiva, apontada e reconhecida por cada uma das colaboradoras. Tal implica que se desenvolva investigação mais participada com os professores do terreno, naturalmente incrementando esta perspectiva de IA. O aspecto relacional é aqui fundamental.

No decurso do processo de formação as professoras aderiram, mostraram-se críticas e colaboradoras. Durante a discussão da proposta de planificação fizeram a articulação das finalidades com os materiais construídos e com as estratégias propostas e discutiram a sua integração no Programa. Ajustaram a proposta às suas respectivas turmas.

Reflectiram e avaliaram o processo de formação, considerando-o positivo no que diz respeito ao impacte produzido nas suas vidas profissionais e nas suas práticas de ensino, como é possível concluir da análise das **Entrevistas**.

Parece, pois, razoável, considerar que a **segunda Hipótese** do estudo fica igualmente corroborada, no sentido de podermos considerar que a participação num percurso de formação orientado numa perspectiva de IA pode conduzir a uma leitura mais crítica do Programa, ao desenvolvimento de práticas de ensino epistemologicamente fundamentadas e à consideração da perspectiva epistemológica.

Novas práticas de ensino epistemologicamente fundamentadas desenvolvidas pelas professoras-colaboradoras.

As conclusões que se apresentam dizem respeito aos resultados sobre prática de ensino analisados no Capítulo 6.

As sínteses que seguem as análises da prática de ensino constituem as conclusões diferenciadas para cada uma das professoras-colaboradoras, contudo evidenciaremos as

conclusões com incidência nos aspectos de natureza epistemológica que constituem o cerne da análise para cada uma delas.

Apresentaremos uma reflexão sobre aspectos didáctico-pedagógicos que de alguma forma são comuns às duas professoras e que nos suscitaram necessariamente alguma reflexão sobre a prática de ensino global desenvolvida pelas professoras colaboradoras na fase de I-A e que dão igualmente conta da natureza e sentido de algumas mudanças ocorridas entre a fase naturalista (1ª fase) e a fase de investigação-acção (3ª fase).

Por fim apresenta-se a conclusão geral do Estudo relativa à terceira Hipótese.

Professora A-2 - Abundância de tarefas propostas numa metodologia de trabalho diversificada. Se numa fase inicial pode parecer delinear-se um percurso indutivo, as aulas não são conduzidas a essa imagem. Sobressai um conjunto de questões à volta das quais se discutem aspectos que se relacionam com metodologia científica, numa imagem de pluralismo.

Percursos desenvolvidos com acentuada referência ao seu paralelismo histórico. Abundante referência à forma de trabalho dos cientistas, imagens sobre investigação actual e aspectos de contexto histórico.

Algumas vezes alguns termos parecem atraiçoar, do ponto de vista epistemológico, intenções e práticas. Contudo, no conjunto articulado, podemos dizer que passa principalmente uma imagem de ciência mais associada a perspectivas racionalistas. Valoriza as ideias e hipóteses na construção das teorias e a necessidade da experiência e da observação rigorosas, passando uma imagem de pendor essencialmente racionalista.

Parece não permanecer o realismo dogmático ou ingénuo.

Realça a importância da História da Ciência e evidencia o contexto e estrutura para o desenvolvimento do conhecimento científico. Refere muitas vezes cientistas que personificam a História da Química. Falta alguma contextualização social, política,

económica, na aula; tal é remetido para situações extra-aula. É mais aparente uma perspectiva internalista da construção do conhecimento.

A uma ideia inicial de conclusão da experiência como "verdade" segue-se um conjunto de aulas conduzido numa perspectiva que se afasta dessa imagem. No conjunto passa antes uma imagem forte de validade temporal de uma teoria para interpretar fenómenos e dar resposta a problemas, com alusão frequente à ideia de teoria no seu tempo. Os "erros" são encarados como fazendo parte normal do percurso científico e a sua superação um aspecto importante no difícil caminhar para uma nova teoria. A principal imagem é de ciência dinâmica e alterável.

Alusão ao valor do conhecimento científico e necessidade do seu reconhecimento público pela referência à existência de uma comunidade científica exigente.

É considerada a perspectiva de desenvolvimento interrelacionado e interdependente da Ciência e da Tecnologia e valorizada uma imagem social do conhecimento e da dimensão da interrelação Sociedade e Ciência.

Professora C-2 - O conjunto das aulas é bem articulado, na diversidade de tarefas e de actividades desenvolvidas, constituindo um constante desafio a procura da resposta para a questão problemática inicial, numa imagem de não linearidade para a própria metodologia científica. Esta é apresentada com referência a criatividade, imaginação, tomada de decisões...

Passa uma imagem de cariz mais racionalista, sobressaindo a construção de teorias coerentes para uma tentativa de interpretação do real. A observação tem um estatuto epistemológico particular cujo sentido lhe é atribuído pela previsão e teorização exigidas, dependente dos observadores. Há referência à hipótese e seu papel como ideia orientadora da experiência. Os modelos são considerados com sentido dentro de um suporte teórico. Atenção privilegiada ao árduo percurso de alteração de uma teoria e ao estabelecimento de outra. Foi valorizado o processo de construção do conhecimento científico por oposição à imagem de produtos da ciência sem processos e sem rostos. Há

uma abundante referência ao contexto da descoberta, não só numa perspectiva internalista mas atribuindo importância a aspectos políticos, económicos, sociais...

É evidenciada a validade temporal das teorias e passada uma imagem dos erros como verdades transitórias e portanto numa perspectiva de ciência não dogmática. Ao falar de real afasta-se da perspectiva de realismo ingénuo.

Passa igualmente uma imagem da necessidade de reconhecimento da importância do trabalho dos cientistas numa perspectiva colectiva, na construção do conhecimento científico. Realça aspectos da inter-relação CTS, perpassando questões relacionadas com a tecnologia, o ambiente, os valores sociais, apresentando uma dimensão cultural da ciência.

Consideramos e reflectimos algumas conclusões particulares, de âmbito didáctico-pedagógico, que se cruzam naturalmente com as considerações de ordem epistemológica, relativas à fase de implementação da sequência de ensino:

A dose elevada de **ansiedade** que é notória e que as duas professoras confessam, manifestada de forma diferente, deveu-se ao confronto com a novidade, ao sentido da responsabilidade pela participação num Projecto de Investigação e ainda à própria situação de videogravação das aulas. Há, em particular, uma necessidade sentida pelas professoras de passar a imagem de que já se aventuram no domínio da epistemologia. Tal gera alguma dose de artificialidade ou de insegurança no discurso e de alguma ambiguidade que permanece. Daí advém, por exemplo, a referência desnecessária ou enfática, a termos como teoria, experiência, comunidade científica, método científico, erro... Enquanto que a ansiedade da professora C2 é mais permanente e sobretudo reflectida para os alunos que gostaria que participassem mais, a ansiedade da professora A2 é principalmente notória na primeira aula e ocasionalmente noutras situações isoladas e parece advir particularmente da tensão criada pela novidade da situação.

A problemática da **avaliação** não foi amplamente tratada. Contudo, no ambiente geral de mudança, já se incorporaram outros elementos (informações dos relatórios, elementos de observação) embora mantendo as tradicionais fichas. Os relatórios, em particular, se ainda não são essencialmente críticos, já não são meramente descritivos. De qualquer forma, encontrámos indicadores de que os alunos compreenderam o assunto. A questão da avaliação é, sem dúvida, um aspecto central para o qual as professoras já ficaram alertadas e que se pretende vir a trabalhar no futuro. Faltam, no entanto, instrumentos adequados, que a investigação não produziu ainda.

Em particular o **interesse dos alunos** foi manifestamente maior. Estiveram envolvidos praticamente todos, e continuadamente. Podemos pensar no currículo percebido pelos alunos - há indicadores de que sabem o que estão a fazer e para quê, em particular qual é a questão a que procuram responder - pela participação nas tarefas e nas discussões e ainda pelas suas declarações em Entrevista.

Também as professoras dão **mais atenção aos alunos**, clarificando termos, conceitos, repondo a questão orientadora com frequência e trazendo para a aula aspectos contextualizadores do assunto que naturalmente motivam os alunos. A **ordem** e disciplina na sala de aula parecem impor-se de forma natural. O interesse do assunto e das actividades parecem cativar os alunos e fazerem diminuir os distractores.

O **Trabalho em Grupo** que praticamente não existiu na primeira fase tornou-se uma forma habitual de trabalho para proporcionar discussão e confronto de ideias entre os alunos e igualmente para a realização de Trabalho Experimental. Valoriza-se a aprendizagem cooperativa.

Ao nível do **rigor** de linguagem, de conceitos - consideramos que a preparação epistemológica conduz a um aumento de rigor nos conceitos. É dada atenção às ideias dos alunos. Quando surgem CA, elas são intencionalmente tratadas.

São abordadas questões de **segurança** na realização experimental e exigido rigor operativo no trabalho experimental.

O **discurso** está ainda muito **centrado no professor**, apesar da grande abertura à discussão dentro dos grupos. Sobrepõe-se à discussão entre grupos e ao tempo deixado aos alunos para participação na turma. É a força do hábito e o hábito da instituição Escola. Nota-se contudo um aumento progressivo da autonomia dos alunos nas actividades.

O pressuposto do Estudo é de que melhorando o ensino, melhora a **aprendizagem** (sentido lato) e por tal o dirigimos ao ensino e à necessária formação de professores. Contudo obtivemos elementos relativos à aprendizagem que nos dão alguma nota de optimismo. Por um lado, provêm-nos da análise das aulas alguns aspectos que dão conta do envolvimento dos alunos e das suas manifestações de interesse, e que fomos registando. Essa nossa inferência é corroborada pelas respectivas professoras, nas entrevistas. Por outro lado, e na perspectiva de IA que adoptámos, por alguma vontade manifesta pelas professoras, acabámos por conversar com os alunos acerca de aspectos que se prendiam com a compreensão dos assuntos, na perspectiva de aprendizagem de conceitos e de aspectos relacionados com a ciência e o conhecimento científico. O quadro obtido comporta alguns indicadores de compreensão dos conceitos por parte dos alunos e de compreensão do percurso da substituição de uma teoria por outra, num contexto particular. Igualmente os alunos manifestaram o seu interesse e entusiasmo pela forma do desenvolvimento do assunto. Mostram-se mais activos: pensam, discutem, argumentam, envolvem-se na situação da aula.

Concluímos ainda, reforçando a perspectiva epistemológica, que foi passada na sala de aula uma **imagem de pendor mais racionalista** do papel e do valor da **experiência**. Há uma valorização da **teoria** e da previsão. Na interpretação dos

resultados das experiências e das observações efectuadas, a teoria está sempre presente. Afastou-se o ensino por descoberta sem se recair no ensino por transmissão. A experiência surge na sequência de uma ideia e há uma imagem de criatividade no trabalho científico que é passada para os alunos. É realçado e valorizado o processo de construção do conhecimento científico. O Trabalho Experimental é encarado mais numa perspectiva crítica em que os alunos partilham as suas conclusões, os problemas ocorridos, as dúvidas surgidas. Há uma condução do Trabalho Experimental de uma forma mais aberta, articulada... valorizando a questão-problema como ponto de partida.

Consideramos o **abandono da perspectiva realista ingénua** para uma diferente perspectiva de imagem do real. As imagens passadas para os alunos têm uma consistência e actualidade maiores.

Há uma consideração e exploração do **erro**. Principalmente a perspectiva já não é a de esconder ou condenar o erro, mas sim a de o valorizar como consubstancial ao conhecimento. Em particular, a professora C2, refere-se a evitar o erro experimental mas mais numa perspectiva formativa (incentiva os alunos a serem rigorosos nos aspectos de técnica experimental para evitar incorrecções sem cair na falácia de ser essa condição suficiente para atingir a verdade).

É notória a valorização da **História da Ciência** como estratégia. Ampla contextualização histórica e sócio-económica e política do assunto, principalmente na prática de ensino da professora C2 que apresenta uma perspectiva mais externalista da construção do conhecimento; a professora A2 remete tais questões mais contextuais para trabalho de casa, através das propostas das fichas.

É **realçada a interdependência CTS** e amplamente referido o carácter social do conhecimento científico.

Alguma aparente contradição epistemológica, mais explícita no discurso da professora A2, resulta eventualmente de alguma dose de ansiedade e insegurança, já referidas, e de aspectos residuais e conflituais de posições epistemológicas anteriores, que naturalmente não se modificam facilmente com uma formação em tempo limitado. Tais contradições traduzem-se principalmente em termos ainda usados e nalguns aspectos ocasionais de condução das actividades que trazem ao de cima aspectos ainda não modificados, herança de vários anos e de uma formação anterior nos cânones de uma epistemologia tradicional positivista (nem sempre explícita) e metodologias de ensino assentes em princípios de aprendizagem de cunho mais behaviorista (mais notório na professora A-2 que na C-2).

Apesar da consideração de aspectos comuns é notória a diferença das práticas de ensino de cada uma das professoras, como era desejável que ocorresse. A apropriação que cada uma delas fez da proposta e da formação recebida, bem como a diferença das turmas, permite valorizar as diferenças.

Um assunto que antes era apresentado/tratado de forma rápida e aparentemente ingénua passou a ser reconhecido por cada uma das professoras colaboradoras como central e muito importante. Nas palavras de uma delas: "agora vou-lhe dedicar o tempo que for necessário!" (A-2).

Naturalmente que as **mudanças** a operar são grandes. Há uma cultura de escola que está enraízada no tradicional, que não se tem mostrado eficaz nem interessante para alunos e professores, mas que está socialmente aceite. Um dos obstáculos à mudança está, inclusivamente, nos próprios alunos e na habituação colectiva à falta de interesse dos assuntos escolares. Tal aspecto é significativamente apontado por um dos grupos de alunos que refere que "o assunto não fazia parte do Programa" eventualmente pela estranheza da perspectiva de abordagem e das relações estabelecidas. Os alunos, além da

manifestação de interesse, apontaram diferenças entre a proposta em que participaram e o desenvolvimento habitual, nas aulas de Física e Química, ou outras.

Houve sem dúvida **evolução** ao nível da organização do ensino, ao nível da realização prática, ao nível da estruturação das actividades, ao nível da consistência epistemológica das imagens sobre ciência passadas na sala de aula.

São importantes os testemunhos das professoras e de alunos que vão ao encontro da análise feita pela investigadora no sentido de considerar a proposta didáctica interessante e o desenvolvimento na prática positivamente conseguido. Consideramos congruentes as opiniões da investigadora, das professoras colaboradoras e dos alunos, sobre a alteração das práticas de ensino ocorrida.

Concluímos, pois, pela consideração de uma diferença substancial entre as práticas de ensino das professoras-colaboradoras nas duas fases e portanto pela consideração da importância do Programa de Formação de Professores que as mediou. Na primeira há predominância de quadro, giz, perguntas fechadas, aparente diálogo, experiência com papel central, ilustrativa, ocasional... Na terceira há textos orientadores, diálogos organizados, debates, discussões, trabalho experimental integrado, trabalho em grupo, envolvimento dos alunos... ingredientes pedagógico-didácticos indispensáveis para a construção de imagens interessantes sobre a ciência e o conhecimento científico, epistemologicamente fundamentadas.

Podemos concluir por uma modificação das atitudes das professoras, modificação a nível conceptual, metodológico e atitudinal (a que algumas vezes se refere Gil Pérez) traduzido na forma de encarar a ciência e a sua construção e na passagem de uma centralidade pedagógica para uma centralidade didáctica.

Sentimos que caminhamos mais numa perspectiva da ciência como cultura, preconizada no Primeiro Capítulo para o ensino no 3º Ciclo, na linha da ciência para

todos, para cidadãos intervenientes, críticos, esclarecidos, cientificamente mais cultos. Tal proposta de planificação apresentada, num desenvolvimento próximo do que foi feito pelas professoras-colaboradoras, após a participação empenhada num Programa de Formação Contínua em que a perspectiva epistemológica foi a dominante, parece poder conduzir a essa perspectiva de ciência e de ensino e aprendizagem da ciência.

Parece, pois, razoável considerar que também a **terceira hipótese** do Estudo fica igualmente corroborada, podendo admitir-se a existência de estratégias de ensino epistemologicamente fundamentadas no Quadro da Nova Filosofia da Ciência, em particular valorizando a História da Ciência, revalorizando o Trabalho Experimental e considerando a perspectiva CTS, com potencialidades de melhorar a aprendizagem significativa de conceitos da ciência e de poder conduzir a imagens mais consistentes e actualizadas sobre a ciência e o conhecimento científico.

Consideramos, deste modo, atingidos os Objectivos a que nos propusemos no início da nossa investigação.

7.3. Implicações e Reflexão Final

Alguns dos desafios que necessariamente este Estudo parece lançar dizem respeito à Formação de Professores, a questões do Currículo e a aspectos de Investigação.

Um dos aspectos a considerar diz respeito à necessidade de alterar a lógica de base da legislação sobre Formação Contínua, no sentido de que esta não tenha como único objectivo a progressão na carreira, mas que tenha como finalidade a efectiva e permanente formação. As duas professoras que connosco fizeram um programa de formação de duração superior a trinta horas, que conduziu à aplicação dos conhecimentos nas suas práticas e a reflexão sobre a sua própria formação para tal

prática, tiveram necessidade administrativa de frequentar, nesse mesmo ano, acções de formação para obter os necessários e obrigatórios créditos para a progressão na carreira. Enquanto a lógica da formação for dependente da actual lógica de creditação, situações deste tipo dificilmente serão evitadas. É, pois, o próprio modelo de Formação Contínua que tem que ser reinventado.

São necessárias mais propostas inovadoras e mais, e muito melhor, formação de professores. Torna-se necessário, efectivamente, dar atenção à formação de professores - inicial e contínua. A formação tem que ser encarada numa perspectiva mais cultural, mais inovadora, mais exigente, científica e epistemologicamente. É necessário articular, nessa formação, o conhecimento científico e a reflexão epistemológica. Do ponto de vista metodológico, tal implica conceber Programas de Formação de Professores valorizando perspectivas de Investigação-Acção. As nossas conclusões, e as necessárias implicações, vão ao encontro do estudo de Pedretti & Hodson (1995), envolvendo professores num projecto de Investigação-Acção, em que os resultados apontaram para o alargamento de horizontes e para a emergência de confiança profissional nos participantes.

Alertamos para a importância de que se poderia revestir uma adequada legislação (ainda não existente) sobre a Inserção Profissional acompanhada. Partirem dos investigadores propostas com base em resultados da investigação e colocar os professores sob orientação de investigadores em Didáctica, em Instituições de Formação de Professores, a fim de poderem formalizar e desenvolver um Projecto com contornos de Investigação-Acção, com acompanhamento sistemático e adequado e numa lógica de divulgação de resultados dessa investigação. Este aspecto implicaria a existência de incentivos para a inovação por parte dos professores colaborando com investigadores e exigiria acompanhamento na implementação de práticas de ensino inovadoras.

Projectos com contornos de Investigação-Acção surgem-nos como a forma de ajudar a superar os limites da formação inicial. Há necessariamente um longo caminho a percorrer para regredir da quantidade à qualidade. Talvez seja pragmático ir mantendo os dois vértices, aumentando um, e fazendo regredir o outro, até se encontrarem...

Como aponta Oliveira (1996, 13) "a formação é uma actividade complexa e lenta que pressupõe a integração na personalidade dos professores, da sua experiência, assim como dos saberes, *skills* e atitudes construídas no processo de formação".

As duas professoras foram unânimes em afirmar o valor formativo do acesso à análise das suas próprias práticas de ensino realizada pela investigadora. "Ver-se do outro lado do espelho", como sentiu a professora C-2. Bouedec (1986, 8) defende que formar alguém é modificar as suas representações e essa modificação não se consegue através de uma abordagem teórica mas "é a análise das práticas do indivíduo que lhe permite fazer a integração na sua personalidade da sua experiência e dos seus saberes" .

Ficam-nos dúvidas sobre mudanças efectivas e duradoiras nas perspectivas epistemológicas das professoras. Sabemos da dificuldade de alterar, rapidamente, os modelos de pensamento do professor. No sentido em que Thagard (1993) se refere à gradação da mudança conceptual, notando a dificuldade de substituir um sistema completo de conceitos por outro, completamente diferente: "A mudança completa de sistema conceptual é lenta e difícil". Estudos de Caso históricos das grandes Revoluções Científicas parecem mostrar que os próprios cientistas fazem essa transição para uma nova teoria, e para todo o sistema conceptual que lhe está subjacente, de forma não imediata.

Em relação aos professores, a profunda mudança desejada ao nível das concepções de ciência reflectidas nas práticas de ensino, implicaria envolvimentos mais prolongados e mais profundos em Programas/Projectos de Investigação-Acção. Daqui a alguns anos teria sentido retomar um Programa de Investigação com as duas professoras que agora colaboraram, e avaliar a influência que a participação neste Projecto teve nas suas vidas profissionais.

Comparando as práticas de ensino desenvolvidas pelas professoras participantes, entre a primeira e a terceira fase do Estudo, no que respeita ao assunto seleccionado,

mas pensando no número de aulas de treino e de revisões, não é linear que se tenha gasto maior número de aulas na última fase. Contudo, pensando que teria interesse usar, efectivamente, um maior número de aulas para obter maior êxito nos aspectos que ainda consideramos problemáticos, sugerimos como vantajosa uma diminuição da extensão dos Programas Oficiais: não é possível unir quantidade e qualidade em simultâneo, em particular ao nível do Ensino Básico. Se queremos um ensino na perspectiva da Ciência para todos os cidadãos, que apontamos no Capítulo 1, e epistemologicamente fundamentadas no Quadro teórico, que explicitamos no Capítulo 2, devemos ser selectivos nos assuntos que constituem temáticas particularmente interessantes para um contributo efectivo ao nível da literacia científica, por exemplo, temáticas centrais que permitem explorar a vertente CTS.

Ainda em relação a questões curriculares, parece ser uma implicação deste Estudo a necessidade de uma melhor articulação entre Princípios Orientadores e Sugestões Metodológicas. Os primeiros necessitam um quadro epistemológico explícito, orientador de uma leitura completa do texto, pelos professores. O segundo, necessita, particularmente, de estar articulado com os primeiros. Mais do que temáticas, são as sugestões de abordagem, e as perspectivas apresentadas, que se podem constituir como aspectos interessantes para o desenvolvimento do currículo ao nível do 3º Ciclo do Ensino Básico.

A terceira implicação do Estudo dirige-se à questão de consideração da investigação em Didáctica das Ciências. Não podemos isolar a vertente investigação, das anteriores implicações apontadas.

A Didáctica das Ciências é uma área de conhecimento ainda em fase emergente, como a caracteriza Pórlan Ariza (1998), e se a década de 80 foi a de um processo de clarificação, a década de 90 está a transformar-se na fase de consolidação e integração de pleno direito no conjunto de disciplinas que se interessam pelos problemas educativos. Há, deste modo, necessidade de redefinições, prioridades de investigação,

centrando-se inclusivamente no professor, nas suas leituras do currículo e em particular nas suas práticas de ensino.

Este trabalho, ainda que modesto, representa um contributo para aprofundar e alargar o conteúdo empírico da Didáctica das Ciências, descrevendo e analisando problemas identificados como significativos no ensino das ciências e elaborando, implementado e avaliando alternativas práticas, fundamentadas. É um contributo para o amadurecimento da Didáctica como campo de investigação, reforçando o seu duplo carácter teórico e prático e implicando que, por um lado se reforce a comunidade científica que lhe dá sentido, saber e rosto, e por outro, que o objecto que lhe respeita, seja fortemente influenciado pela investigação nela conduzida.

Estamos, assim, convictos de que se desenvolveu um processo de reflexão que se verteu sobre ele próprio, que ocorreram mudanças de atitude na actuação pedagógica e na actuação didáctica, mudanças nas actividades e nas estratégias de ensino, induzidas pela formação, mudanças, principalmente, nas imagens sobre ciência e conhecimento científico que podem passar para os alunos. E foram as professoras que connosco colaboraram que conduziram o processo da prática de ensino e se mostraram capazes de admitir a própria mudança.

Referências

Abimbola, I.O. (1983). The relevance of the "new" philosophy of science for the science curriculum, *School Science and Mathematics,* **83**(3), 181-192.

Abraham, M.R.; Williamson V.M.; Westbrook, S.L. (1994). A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, **31**(2), 147-165.

Abrantes, M.M.C.B.P. (1996). *A clareza das instruções no discurso do professor de inglês - uma perspectiva de reflexão sobre a praxis*. Dissertação de Mestrado, não publicada. Aveiro: Universidade de Aveiro.

Acevedo Díaz, J.A. (1993). Que piensan los estudiantes sobre la ciencia? Un enfoque CTS. *IV Congreso de Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona.

Acevedo Díaz, J.A. (1996). La tecnología en las relaciones CTS. Una aproximación al tema. *Enseñanza de las Ciencias*, **14**(1), 35-44.

Aguirre, J.M. (1990). Student-techers' conceptions of science, teaching and learning: a case study in preservice science education. *International Journal of Science Education*, **12**(4), 381-390.

Aikenhead, G.S. (1985). Collective decision making in the social context of science. *Science Education*, **69**, 453-475.

Alarcão, I. (1991a). A didáctica curricular: fantasmas, sonhos e realidades. *In* Martins, I.P.; Andrade, A.I.; Moreira, A.; Araújo e Sá, M.H.; Costa, N.; Paredes, A. F. (Ed.) *Actas do 2º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino*. Aveiro: Universidade de Aveiro, 299-309.

Alarcão, I. (1991b). Reflexão crítica sobre o pensamento de D. Schon e os programas de formação de professores. *Cadernos Cidine. Supervisão e Formação de Professores*, **1**, 5-22.

Alarcão, I. (1989). Para uma valorização da didáctica. *Aprender*, **3**, 5-8.

Allwright, D. & Bailey, K.M. (1991). *Focus on the language classroom.* Glasgow: Cambridge University Press.

Amiguinho, A. & Canário, R. (org.) (1994). *Escolas e mudança: O papel dos centros de formação*. Lisboa: EDUCA e Escola Superior de Educação de Portalegre, 9-12.

Amorim da Costa A.M. (1987b). Química, uma ciência experimental? Aspectos históricos do empirismo racional. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, **29**(série II), 9-11.

Amorim da Costa A.M. (1986). *Introdução à história e filosofia das ciências*. Lisboa: Publicações Europa-América.

Amorim da Costa, A. M. (1992). Alquimia em Portugal-o rei Alphonso. *In* Dias, A.R. e Ramos, J.M. *Química e sociedade. A presença da química na actividade humana.* **2**. Lisboa: Escolar Editora e Sociedade Portuguesa de Química, 115-132.

Amorim da Costa, A.M. (1987a). Fermentação, o emblema filosófico de Becher. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, **30**(série II) 27-32.

Amorim da Costa, A.M. (1988). Da farmácia galénica à farmácia química no Portugal setecentista. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, **32/33**(série II), 23-28.

Amorim da Costa, A.M. (1990). Fogo de dissolução e fogo de combinação. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, **40**(série II), 33-38.

Anderson, B. (1986). Pupils' explanations of chemical reactions. *Science Education*, **70**(5), 549-563.

Andrade, A.I. & Sá, M.H.A. (1994). Para uma integração dos discursos da didáctica. *Revista Portuguesa de Educação,* **7**(1/2), 81-93.

Andrade, P. (1995). Dois séculos a metro. *Expresso* de 7 de Outubro.

Apple, M.W. (1992). Educational Reform and Educational Crisis. *Journal of Research in Science Teaching*, **29**(8), 779-789.

Appleton, K. (1993). Using theory to guide practice: teaching science from a constructivist perspective. *School Science and Mathematics*, **93**(5), 269-274.

Atwater, M.M. (1996). Social construtivism: infusion into the multicultural science education research agenda. *Journal of Research in Science Teaching,* **33** (8), 821-837.

Aubert, J-M. (1965). *Philosophie de la nature*. Paris: Beauchesne.

Azcona Rivado, R. (1997). *Análisis crítico de la enseñanza-aprendizaje de los conceptos de 'cantidad de sustancia' y de mol. Una propuesta alternativa basada en el aprendizaje por investigación*. Dissertação de Doutoramento, não publicada. San Sebastian. Espanha.

Bachelard, G. (1976) *Filosofia do novo espírito científico*. Lisboa: Editorial Presença.

Badi, R.J. (1979). Students' understanding of the logic of the hypothesis testing. *Journal of Research in Science Teaching*, **16**(1), 61-65.

Bardin, L. (1977). *Análise de Conteúdo*. Lisboa: Edições 70.

Barnes, B.(1992). Thomas Kuhn. *In* Skinner, Q. (Org.) *As ciências humanas e os seus grandes pensadores*. Lisboa: Publicações D. Quixot
e, 109-129.

Barreira, F. (sd). Stahl. *Enciclopédia Luso-Brasileira de Cultura,* **17**, Lisboa: Editorial Verbo.

Bastide, A. (1984). *Augusto Comte*. Lisboa: Edições 70.

Bell, B.F. & Pearson, J. (1992). Better learning. *International Journal of Science Education*, **14**(3), 349-361.

Ben-Zvi, R.; Eylon, B. & Silberstein, J. (1987). Students' visualisation of a chemical reaction. *Education in Chemistry*, **24**, 117-120.

Bensaude-Vincent, B. & Journet, N. (1993). Rien ne se perd, rien ne se crée: Tout se pèse. *Les Cahiers de Science et Vie. Les Pères Fondateurs de la Science. Lavoisier,* 42-62.

Bensaude-Vincent, B. & Martin, A.C. (1993). *Dans le laboratoire de Lavoisier.* Paris: Nathan.

Bensaude-Vincent, B. & Stengers, I. (1996). *História da Química.* Lisboa: Instituto Piaget.

Bensaude-Vincent, B. (1996). Lavoisier: Uma revolução científica. *In Elementos para uma história das ciências. II. Do fim da idade média a Lavoisier.* Lisboa: Terramar.

Benson, G.D. (1989). Epistemology and science curriculum. *Journal of Curriculum Studies*, **21**(4), 329-344.

Berg, K.C. (1990). The historical development of pressure-volume law for gases. *The Australian Science Teachers Journal*, **36**(1), 14-20.

Beyssade, M. (1972). *Descartes.* Lisboa: Edições 70.

Bingle, W.H. & Gaskell, P.J. (1994). Scientific literacy for decisionmaking and the social construction of scientific knowledge. *Science Education*, **78**, 185-201

Blanché, R. (1975). *A epistemologia.* Lisboa: Editorial Presença.

Bodner, G.M. (1991). I have found you an argument. The conceptual knowledge of beginning chemistry graduate students. *Journal of Chemical Education*, **68**, 385-388.

Bouedec, G. (1986). Mettodologie d'une formation professionnelle des enseignants. *Les Sciences de l'Éducation*, **4**, 5-15.

Brikhouse, N.W. & Bodner, G.M. (1987). Teacher beliefs about science and their influence on classroom practice. *In* Novak, J.D. (Ed.) *Proceedings of the Second International Seminar. Volume II Misconceptions and Education Strategies in Science and Mathematics.* Cornell University, Ithaca, N.Y., 34-48.

Brikhouse, N.W. & Bodner, G.M. (1992). The biginning science teachers: Narratives of convictions and constraints. *Journal of Research in Science Teaching*, **29**(5), 471-485.

Brikhouse, N.W. (1989). The Teaching of the philosophy of science in secondary classrooms: case studies of teachers' personal theories. *International Journal of Science Education*, **11**(4), 437-449.

Brikhouse, N.W. (1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education,* **41**(3), 53-62.

Bronowski, J. (1983). *Introdução à atitude científica.* Lisboa: Livros Horizonte.

Brown, H.I. (1994). *La nueva filosofía de la ciencia.* Madrid: Editorial Tecnos.

Bunge, M. (1973). *Filosofia da física.* Lisboa: Edições 70.

Bunge, M. (1985). *La investigación científica.* Barcelona: Ariel.

Burbules, N.C. & Linn, M.C. (1991). Science education and philosophy of science: congruence or contradiction? *International Journal of Science Education*, **13**(3), 227-241.

Bybee, R.W.; Powell, J.C.; Ellis, J.D.; Giese, J.R.; Parisi, L. & Singleton, L. (1991). Integrating the History and Nature of Science and Technology in Science and Social Studies Curriculum. *Science Education* , *75*(1), 143-155.

Cabrita, F. e Costa, A.A. (1989). Conteúdos programáticos integrados de ciências físico-químicas para o ensino secundário. *Gazeta de Física*, **12**(3), 116-122.

Cachapuz, A.F. (1987). Articulation recherche en education/pratiques educatives: problemes et perspectives. *Colóquio Les Sciences de l'Education et la Formation des Enseignants.* Lisboa: GEP- Ministério da Educação, 63-77.

Cachapuz, A. (1989a). Linguagem metafórica e o ensino das ciências. *Revista Portuguesa de Educação*, **2**(3), 117-129.

Cachapuz, A.F. (1989b). Por um ensino relevante da química: Que papel para o trabalho experimental? *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química* (série II), **36**, 25-27.

Cachapuz, A.F. (1992). Filosofia da ciência e ensino da química: repensar o papel do trabalho experimental. *Comunicação apresentada no Congrsso "Las Didácticas Específicas en la Formación del Profesorado".* Santiago de Compostela. Espanha (policopiado).

Cachapuz, A. (1993a). Ensino das Ciências e mudança conceptual: Estratégias inovadoras de formação de professores. *Inovação*, **6**, 47-54.

Cachapuz, A.F. (1993b). *Investigação em didáctica da química: problemática e perspectivas.* Lição de síntese apresentada para provas de Agregação, não publicada. Aveiro: Universidade de Aveiro.

Cachapuz, A. (1995a). Uma investigação mais relevante para os professores. *Noesis* Abril/Junho, 42-45.

Cachapuz, A.F. (1995b). O ensino das ciências para a excelência da aprendizagem. *In*: A. Dias de Carvalho (org.) *Novas metodologias em educação*. Porto: Porto Editora, 349-385.

Cachapuz, A. (1997). Investigação em didáctica das ciências em Portugal: um balanço crítico. *In* Pimenta, S.G. (Org.) *Didáctica e formação de professores: percursos e perspectivas no Brasil e em Portugal*. Cortez Editora, 205-240.

Cachapuz, A.F. & Praia, J.F. (1992). An analysis of the conceptions about the nature of scientific knowledge of portuguese secondary science teachers. *Annual NARST Meeting*, Boston.

Cachapuz, A. & Jorge, M. (1992). Improving the teaching of begining science teachers: A study of expert and novice classroom practices. *European Conference on Educational Research*. University of Twente, The Netherlands.

Cachapuz, A.F.; Malaquias I., Martins I., Thomaz M. & Vasconcelos N. (1989). O trabalho experimental nas aulas de física e química. *Gazeta de Física*, **12**(2), 65-69.

Campos, C.A.C. (1996). *Imagens de ciência veiculadas por manuais do ensino secundário. Implicações na formação de professores.* Tese de Mestrado, não publicada. Aveiro: Universidade de Aveiro.

Canário, R. (1991). Dimensão investigativa na formação contínua de professores. *In Formação contínua de professores. Realidades e perspectivas*. Aveiro: Universidade de Aveiro, 217- 225.

Canário, R. (1994). Centros de formação das associações de escolas: que futuro? *In* Amiguinho, A. e Canário, R. (Org.) *Escolas e mudança: O papel dos centros de formação*. Lisboa: Educa e Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Portalegre, 13- 58.

Caraça, J. & Carrilho, M.M. (1992). O imaterial e o arquipélago dos saberes. *Colóquio /Ciências*, **12**, 83-92.

Caraça, J. & Carrilho, M.M. (1995). Partilha e conhecimento. *Colóquio/Ciências*, **16**, 84-91.

Caro, P. (1995). *A roda das ciências.. Do cientista à sociedade, os itinerários do conhecimento* Lisboa: Instituto Piaget.

Carrilho M.M. (1994). *A Filosofia das ciências. De Bacon a Feyerabend*. Lisboa: Editorial Presença.

Carrilho, M.M. & Sàágua (1991). Objectivos e fronteiras do conhecimento. *In* Carrilho, M.M. *Epistemologia: Posições e Críticas..* Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, VII-L.

Carrilho, M.M. (1988). Kuhn e as revoluções científicas. *Colóquio/Ciências*, **2**, 43-52.

Carrilho, M.M. (1991). *Epistemologia: posições e críticas*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Cassebaum, H. & Schuffle, J.A. (1975). Scheele's priority for the discovery of oxygen. *Journal of Chemical Education*, **52**(7), 442-444.

Castro, M.L. & Pereira, M.P. (1994). O Relatório como meio de avaliação formativa no 3º Ciclo. *Revista Portuguesa de Educação*, *7*(1/2), 165-176.

Catalan Fernandez, A. & Catany Escandel, M. (1986). Contra el mito de neutralidad de la ciencia: el papel de la historia. *Enseñanza de las Ciencias*, **4**(2), 163-166.

Cawthron E.R. & Rowell J.A. (1978). Epistemology and science studies in science education. *Studies in Science Education*, **5**, 31-59.

Chadeau, E. (1993). L'Air du temps. *Les Cahiers de Science et Vie. Les Pères Fondateurs de la Science. Lavoisier*, 35-40.

Chalmers, A.F. (1987). *Qu'est-ce que la Science? Popper, Kuhn, Lakatos, Feyerabend*. Paris: La Découverte.

Cheung, K.C. & Taylor, R. (1991). Towards a humanistic construtivist model of science learning: changing perspectives and research implications. *Jounal of Curriculum Studies*, **23**(1), 21-40.

Cleminson, A. (1990). Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and of how children learn science. *Journal of Research in Science Teaching, 27*(5), 429-445.

Comte, A. (1991). A Filosofia positiva e as ciências - Extraído de Cours de Philosophie Positive (premiére leçon, 1830). *In* Carrilho, M.M. *Epistemologia: posições e críticas*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 1-23.

Corvi, R. (1991). Postfácio. A palavra ao racionalista. *In* Feyerabend, P.K. *Diálogo sobre o método*. Lisboa: Editorial Presença.117-137.

Costa, M.C. (1996). Observation sur la dimension pratique dans la formation des enseignants. *European Journal of Teacher Education*, **19**(3), 261-268.

Cresson, A. (1981). *Aristóteles*. Lisboa: Edições 70.

Cross, R. (1990). Science, technology and society: social responsability versus technological imperatives. *The Australian Science Teachers Journal*, **36**(3), 33-38.

Cross, R.T. & Price, R.F. (1996). Science teachers' social conscience and the role of controversial issues in the teaching of science. *Journal of Research in Science Teaching,* **33**(3), 319-333.

CRSE (1986). *Projecto global de actividades /Documentos preparatórios.* Lisboa, GEP, Ministério da Educação.

CRSE (1987). *Proposta de reorganização dos planos curriculares dos Ensinos básico e secundário /Relatório Preliminar.* Lisboa, GEP, Ministério da Educação.

CRSE (1988). *Proposta Global de Reforma. Relatório Final.* Lisboa, GEP, Ministério da Educação.

Cruz, M.N. & Martins, I.P. (1994). *Química hoje! 8ºano. Guia do professor.* Porto: Porto Editora.

Cunha, P. d'O. (1989). O que é a reforma educativa. *GEP Educação*, 2.

Dagognet, F. (1980). *Bachelard.* Lisboa: Edições 70.

Damas, J.A. (1997). *A educação como comunicação normativa.* Penafiel: Instituto Superior Politécnico Portucalense.

Dana, T.M. (1990). The history and philosophy of science: what does it mean for science classrooms? *The Australian Science Teachers Journal*, **36**(1), 21-26.

Debus, A.G. (1984). *Science and history. A chemist's appraisal.* Coimbra: Serviços de Documentação e Publicações da Universidade.

Delattre, P. (1981). *Teoria dos sistemas e epistemologia.* Lisboa: A Regra do Jogo.

Descartes (1982). *Discurso do método. As paixões da alma..* Lisboa: Livraria Sá da Costa.

Dhombres, J. (1989). La naissance du système scientifique français. *Science et Vie. Hors Série* **166**, 12-18.

Dictionnaire de la langue française. (1992). *Lexis.* Paris: Larrousse.

Donnay, J. & Charlier, E. (1992). *Comprendre des situations de formation. Formation de formateurs à l'analyse.* Bruxelles: De Boeck-Wesmael.

Donovan, A. & Journet, N. (1993). Portrait d'un homme-protée. *Les Cahiers de Science et Vie. Les Pères Fondateurs de la Science. Lavoisier*, 8-22.

Dreyfus, A. (1993). Selecting appropriate strategies for laboratory teaching: a problem in teacher training. *European Journal of Teacher Education*, **16**(3), 257-270.

Driver, R. & Easley, (1978). Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, **5**, 61-84.

Driver, R. & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science . *Studies in Science Education,* **13,** 105-122.

Driver, R. (1985). *The pupil as scientist?* Milton Keynes: Open University.

Driver, R. (1986). Psicologia cognitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, **4**(1), 3-15.

Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del curriculo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, **6**(2), 109-120.

Duschl, R.A. & Guitomer, D.H. (1991). Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, **28** (9), 839-858.

Duschl, R.A. (1990). *Restructuring science education. the importance of theory and their development*. New York: Teachers College Press.

Duveen, J.; Scott, L. & Solomon, J. (1993). Pupils' understanding of science: description of experiments or a "passion to explain"? *School Science Review*, **75**(271), 19-27.

Elkana, Y. (1970). Science, philosophy and science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, 2, 15-35.

Elliot, J. (1991). *Action research for educational change*. Philadelphia: Oxford University Press.

Elliott, J. (1993). *El cambio educativo desde la investigación-action* Madrid: Morata.

Elliot, J. (1994). *La investigación-actión en educación*. Madrid: Morata.

Escudero, J.M. & Bolívar B.A. (1994). Inovação e formação centrada na escola: uma perspectiva da realidade espanhola. *In* Amiguinho, A. & Canário, R. (Org.) *Escolas e Mudança: O Papel dos Centros de Formação*. Lisboa: Educa e Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Portalegre, 97-155.

Estany, A. (1990). *Modelos de cambio científico*. Barcelona: Editorial Crítica.

Estrela, A. (1984). *Teoria e prática de observação de classes. Uma estratégia de formação de professores*. Lisboa: INIC.

Feldman, A. (1994). Erzberger's dilemma: validity in action-research and science teachers' need to know. *Science Education*, 78(1), 83-101.

Fensham, P.J. (1988). Inconsistent or discrepant events in science instruction. *Studies in Science Education*, **15**(1),1-16.

Fensham, P.J. (1990). What will science education do about technology? *The Australian Science Teachers Journal*, **36**(3), 8-21.

Ferguson, K. (1993). *Stephen Hawking. Em busca de uma teoria do tudo*. Lisboa: Difusão Cultural.

Fernández-Rañada, A. (1995). *Los muchos rostros de la ciencia*. Oviedo: Ediciones Nobel.

Feyerabend, P.K. (1991a). *Diálogo sobre o método*. Lisboa: Editorial Presença.

Feyerabend, P. (1991b). *Adeus à razão*. Lisboa: Edições 70.

Feyerabend, P.K. (1970). Consolations for the specialist. *In* Lakatos, I. & Musgrave, A. (Ed.) *Criticism and the growth of knowledge*. New York: Cambridge University Press, 197-230.

Feyerabend, P.K. (1979). *Contre la méthode*. Paris: Éditions du Seuil.

Fitas, A. (1988). Popper, Kuhn e Lakatos: três formas diferentes de entender a ciência. *Vértice* (série II), **4**, 69-77.

Fleming, R. (1987). High school graduates' beliefs about Science-Technology-Society II. The interaction among science, technology and society. *Science Education*, **71**(2), 163-186.

Fleming, R. (1986). Undergraduate science students' views on the relationship between science, technology and society. *International Journal of Science Education*, **10**(4), 449-463.

Fleming, R. (1989). Literacy for technological age. *Science Education*, **73**(4), 391-404.

Forge J.C. (1979) A role for philosophy of science in the teaching of science. *Journal of Philosophy of Education*, 13, 109-118.

Forge, J.C. (1979). A role for philosophy of science in the teaching of science. *Journal of Philosophy of Education*, **13**, 109-118.

Formosinho, J. (1991). Modelos organizacionais na formação contínua de professores. *In Formação contínua de professores. Realidades e perspectivas*. Aveiro: Universidade de Aveiro, 237-257.

Formosinho, S.J. (1988). *Nos bastidores da Ciência. Resistência dos Cientistas à inovação científica*. Lisboa: Gradiva.

Formosinho, S.J. (1994). *O Imprimatur da Ciência. Das razões dos homens e da natureza da mudança científica.* Coimbra: Coimbra Editora.

Fraser, B.J.; Tobin, K. & Kahle, J.B. (1992). Factors which militate against learning science with understanding. *The Australian Science Teachers Journal*, **38**(3), 63-66.

Freire A. M., (1994) A Dimensão Ciência/ Tecnologia/ Sociedade no Ensino da Física. Perspectiva dos Professores. *Revista de Educação*, **4**(1/2), 69-77.

Freitas, M.A. (1995). Planificação do Ensino das Ciências: Uma perspectiva de mudança conceptual. *Noesis,* Abril/Junho, 28-33.

Furió Mas, C.J. & Gil Pérez, D. (1989). La didáctica de las ciencias en la formación inicial del profesorado: una orientación y un programa teoricamente fundamentados. *Enseñanza de las Ciencias*, **7**(3), 257-265.

Furió Mas, C.J. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 188-199.

Furió, C. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, **12**(2), 188-199.

Gagliardi, R. & Giordan, A. (1986). La Historia de las Ciencias: Una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, *4* (3), 253-258.

Gagliardi, R. (1988). Como utilizar la Historia de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, *6* (3), 291-296.

Gallagher, J.J. (1991). Prospective and practicing secondary school science teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science Education*, **75**(1), 121-133.

Garcia Barros, S.; Martínez Losada, M.C. & Mondelo Alonso, M. (1995). El trabajo práctico. Una intervención para la formación de profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, **13**(2), 203-209.

Gardner, P.L.; Penna, C. & Brass, K. (1990). Technology and science: meanings and educacional implications. *The Australian Science Teachers Journal,* **36**(3), 22-28.

Garnett, P.J, Garnett P.J. & Hackling, M.W. (1995). Student' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning studies. *Science Education*, **25**, 69-95.

Garnett, P.J. & Treagust, D.F. (1992). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: electric circuits and oxidation-reduction equations. *Journal of Research in Science Teaching,* **29**(2), 121-142.

Geymonat, L. (sd). *Elementos de filosofia da ciência*. Lisboa: Gradiva.

Gil (Pérez), D.; Carrascosa, J.; Furió, C. & Martinez-Torregrosa, J. (1991). *La Enseñanza de las Ciencias en la Educacion Secundaria*. Cuadernos de Educación. Barcelona: ICE-Horsori.

Gil-Pérez & Carrascosa-Allis, J. (1994). Bringing pupils' learning closer to a scientific construction of knowledge: A permanent feature in innovations in science teaching. *Science Education*, **78**(3), 301-315.

Gil-Pérez, D, & Carrascosa, J. (1990). What to do about science "misconceptions". *Science Education*, **74**(5), 531-540.

Gil-Pérez, D. & Martinez Torregrosa, J. (1987). Los programas-guía de actividades: Una concreción del modelo constructivista del aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, **3**, 3-12.

Gil-Pérez, D. & Valdés Castro, P. (1996). La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: Un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, **14**(2), 155-163.

Gil-Pérez, D. (1983). Tres paradigmas basicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 26-33.

Gil-Pérez, D. (1986). La Metodologia cientifica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, **4**(2), 11-121.

Gil-Pérez, D. (1992). Contribución de la historia y filosofia de las ciencias a` la transformacion de la enseñanza de las ciencias. Comunicação apresentada na *International Conference on history of Physical- Mathematical Sciences and the Teaching of Sciences*. Madrid.

Gil-Pérez, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofia de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, **11**(2), 197-212.

Gil-Pérez, D. (1994). Aportaciones de la didactica de las ciencias a la formacion del profesorado. In Montero Mesa, L. & Vaz Jeremias, J.M. (Eds). *Las Didácticas Específicas en la Formación del Profesorado*. Santiago: Tórculo Ediciones, 277-293.

Gil-Pérez, D. (1996). New trends in science education. *International Journal of Science Education*, **18**(8), 889-901.

Gilbert, S.W. (1991). Model building and a definition of science. *Journal of Research in Science Teaching*, **28**(1), 73-79.

Gillispie, Ch. (1989). La science à l'aube des temps modernes. *Science et Vie. Hors Serie,* **166**, 6-11.

Giordan, (1978). Observations-experimentation: mais comment les élèves apprennent-ils? *Revue Française de Pédagogie*, **45**, 66-73.

Giordan, A. (1987). Los conceptos de biologia adquiridos en el proceso de aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, **5**(2), 105-110.

Glashow, S.L. (1994). *From alchemy to quarks. The study of physics as a liberal art.* Pacific Grove, California: Brooks/Cole Publishing Company.

Glasson, G.E. & Lalik, R.V. (1993). Reinterpreting the learning cycle from a social constructivist perspective: A qualitative study of teachers' beliefs and practices. *Journal of Research in Science Teaching*, **30**(2), 187-207.

Goetz, J.P. & LeCompte, M.D. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Madrid: Morata.

Gonçalves, M.E. (Coord) (1993). *Comunidade científica e poder*. Lisboa: Edições 70.

Good, R.G. (1994). Humanizando a ciência. *Revista de Educação*, **4**(12), 113-115.

Gould, S.J., (1987) *Time's arrow, time's cycle*. Cambridge, M.A.:Harvard University Press.

Goupil, M. (1993). Un "collectif" qui se nomme Lavoisier. *Les Cahiers de Science et Vie. Les Pères Fondateurs de la Science. Lavoisier*, 24-34.

Gouveia Capelão, C.M. (s/d). Flogisto. *Enciclopédia Luso-Brasileira de Cultura*, **8**, Lisboa: Editorial Verbo.

Guimas de Almeida, A.M.F. (1995). *Trabalho experimental na educação em ciência: epistemologia, representações e práticas dos professores.* Dissertação de Mestrado, não publicada. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa.

Guthrie, L.F. & Leventhal, C. (sd). Opportunities for scientific literacy for hihg school students. Far West Laboratory for Educational Research and Developmant, San Francisco, CA: ED 263017.

Hafner, R. & Stewart, J. (1995). Revising explanatory models to accommodate anomalous genetic phenomena: Problem solving in the "context of discovery". *Science Education*, **79**(2), 111-146.

Hashweh, M.Z. (1986). Towards an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*, **8**(3), 229-249.

Hashweh, M.Z. (1996). Effects of science teachers' epistemological beliefs in teaching. *Journal of Research in Science Teaching,* **33**(1), 47-63.

Hassenforder, J. (1974). *A inovação do ensino*. Lisboa: Livros Horizonte.

Hernandez Pérez, J. (1997). *Dificultades de aprendizaje sobre la naturaleza corpuscular de la materia en la enseñanza secundaria. Una propuesta didáctica para superarlas*. Dissertação de Doutoramento, não publicada, València: Universitat de València, Espanha.

Hesse, III, J.J.; Anderson, C.W. (1992). Students' conceptions of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching,* **29**(3), 277-299.

Hessen, J. (1978). *Teoria do conhecimento*. Coimbra: Arménio Amado Editor.

Hewson , P.W. (1994). Constructivism and reflective practice in science teacher education. *In* Montero Mesa, L. & Vaz Jeremias, J. M. (Eds). *Las Didácticas Específicas en la Formación del Profesorado (I)*. Santiago: Tórculo Ediciones.

Hewson, P.W. & Hewson, M.G. (1988). An appropriate conception of teaching science: a view from studies of science learning. *Science Education*, **72**(5), 597-614.

Hickmann, F.W.; Patrick, J.J. & Bybee, R.W. (1987). *Science, technology and society: a framework for curriculum reform in secondary school science and societal studies*. Boulder, Colorado: Social Science Education Consortium, Inc.

Hodson, D. (1985). Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education,* **12**, 25-57.

Hodson, D. (1986a). Philosophy of science and science education. Journal of Philoshophy of Education, **20**(2), 215-225.

Hodson, D. (1986b). The nature of scientific observation. *The School Science Review,* **68**(242), 17-29.

Hodson, D. & Reid, D. (1988a). Changing priorities in science education. Part I. *School Science Review,* **70**(250), 101-108.

Hodson, D. & Reid, D. (1988b). Changing priorities in science education. Part II. *School Science Review,* **70**(251), 159-165.

Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *The School Science Review,* **70**(256), 33-39.

Hodson, D. (1992a). Redefining and reorienting practical work in school science. *The School Science Review,* **73**(264), 65-77.

Hodson, D. (1992b). Assessment of practical work: some considerations in philosophy of science. *Science & Education*, **1**(2), 115-144.

Hodson, D. (1993). Philosophic science of secondary school science teachers, curriculum experiences and children' understanding of science: some preliminary findings. *Interchange*, **24**(1/2), 41-52.

Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, **12**(3), 299-313.

Hodson, D. (1996). Practical work in school science: exploring some directions for change. *International Journal of Science Education*, **18**(7), 755-760.

Horner, J. & Rubba, P. (1978). The myth of absolut truth. *The Science Teacher*, **45**(1), 29-30.

Horner, J. & Rubba, P. (1979). The laws are mature theories fable. *The Science Teacher*, **45**(2), 31.

Huberman, A.M. & Miles, M. B. (1991). *Analyse des données qualitatives. Recueil de nouvelles méthodes*. Bruxelles: De Boeck-Wesmael.

Huberman, A.M. (sd). *Como se realizam as mudanças em educação: subsídios para o estudo da inovação*. São Paulo: Cultrix.

Hurd, P. H. (1994). New minds for a new age: prologue to modernizing the science curriculum. *Science Education*, **78**(1), 103-116.

Icikovics, J-P. (1993). La révolution du laboratoire. *Les Cahiers de Science et Vie. Les Péres Fondateurs de la Science*. Lavoisier, 1.

Iglésia, P.M. (1997). Una revisión del movimiento educativo ciencia-tecnología-sociedad. *Enseñanza de las Ciencias*, **15**(1), 51-57.

Jaffe, B. (1967). *Crucibles. The story of chemistry*. New York: Fawcett World Library.

Jarrosson, B. (1998). *Humanismo e técnica. O humanismo entre economia, filosofia e ciência.* Lisboa: Instituto Piaget.

Jenkins, E. (1996). The nature of science as a curriculum component. *Journal of Curriculum Studies,* **28,** 137-150.

Jenkins, E.W (1989). Scientific literacy and school science education. School Science Review, **71**(256), 43-51.

Jenkins, E.W. (1992). School science education: towards a reconstruction. *Journal of Curriculum Studies,* **24**(3), 229-246.

Jennings, L.E. & Graham, A.P. (1996). Postmodern perspectives and action research: reflecting on the possibilities. *Educational Action Research*, **4**(2), 267-278.

Jensen, M.S. & Finley, F.N. (1995). Teaching evolution using historical arguments in a conceptual change strategy. *Science Education*, **79**(2), 147-166.

Kelly, G.J.; Carlsen, W.S. & Cunningham, C.M. (1993). Science Education in Sociocultural context: perspectives from the Sociology of Science. *Science Education*, *77*(2), 207-220.

Kemmis, S. & Mctaggart, R. (Eds) (1988). *The action-research planner*. Geelong: Deakin University Press.

Keys, C.W. (1994). The development of scientific reasoning skills in conjunction with collaborative writing assignments: an interpretive study of six nineth-grade students. *Journal of Research in Science Teaching,* **31**(9), 1003-1022.

Kings, C.B. (1990). Developments in science and technology education - some cross cultural perspectives. *The Australian Science Teachers Journal*, **36**(3), 39-45.

Klaassen, C.W.J.M.; Lijnse, P.L. (1996). Interpreting students' and teachers' discourse in science classes: An understimated problem? *Journal of Research in Science Teaching*, 33(2), 115-134.

Klopfer, L. & Cooley, W. (1963). "The history of science cases" for high school in development of student understanding of science and scientists. *Journal of Research in Science Teaching*, **1**(1), 33-47.

Knight, D. (1988). *La era de la ciencia*. Madrid: Ediciones Pirámide.

Kortland, K. (1996). An STS case study about students' decision making on the waste issue. *Science Education*, **80**(6), 673-689.

Kubli, F. (1979). Piaget's cognitive psychology and its consequence for the teaching of science. *European Journal of Science Education*, **1**(1), 5-20.

Kuhn, T.S. (1970a). Logic of discovery or psichology of research? *In* Lakatos, I. & Musgrave, A. (Ed.) *Criticism and the growth of knowledge*. New York: Cambridge University Press, 1-23.

Kuhn, T.S. (1962). Historical structure of scientific discovery. *Science*, **136**, 760-764.

Kuhn, T.S. (1970b). Reflections on my critics. *In* Lakatos, I. & Musgrave, A. (Ed.) *Criticism and the growth of knowledge*. New York: Cambridge University Press, 231-277.

Kuhn, T.S. (1975). *La Estructura de las revoluciones científicas*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.

Lages, M.A. (1993). O futuro da formação e a formação do futuro. *In Linhas de Rumo em Formação de Professores, Congresso Internacional de Formação de Professores nos Países de Língua e Expressão Portuguesas*. Aveiro: Universidade de Aveiro, 117-125.

Lakatos, I. (1970). Falsification and the methodology of scientific research programmes. *In* Lakatos, I. & Musgrave, A. (Ed.) *Criticism and the growth of knowledge*. New York: Cambridge University Press, 91-196.

Landau, L. & Lastres, L. (1996). Cambios químicos y conservación de la masa... Está todo claro? *Enseñanza de las Ciencias*, **14**(2), 171-174.

Landsheere, G. (1986). *A investigação experimental em pedagogia*. Lisboa: Publicações D. Quixote.

Laplante, B. (1997). Teachers' beliefs and instructional strategies in science: Pushing analysis further. *Science Education*, **81**(3), 277-294.

Laszlo, E. (1993). *Nas raízes do universo*. Lisboa: Instituto Piaget.

Laszlo, E. (1994). *Evolução. A grande síntese*. Lisboa: Instituto Piaget.

Lavoisier, A. (1989). *Tractat elemental de química*. Barcelona: Societat Catalana Química

Lavoisier, A.L. (1864). *Ouvres de Lavoisier*. Paris: Imprimerie Impériale

LBSE (1986). Lei nº 46/86. *Diário da República, 1ª Série,* 14 Outubro, 237, 171-184.

Lederman, N.G. & O'Malley, M. (1990). Students' perceptions of tentativness in science: development, use, and souces of change. *Science Education*, **74**(2), 225-239.

Lederman, N.G. & Zeidler, D.L. (1987). Science teachers' conceptions of the nature of science: Do they really influence teacher behavior? *Science Education*, **71**(5), 721-734.

Lederman, N.G. (1986). Relating teaching behavior and classroom climate to change in students' conceptions of nature of science. *Science Education*, **70**(1), 3-19.

Lederman, N.G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, **29**(4), 331-359.

Lee, O.; Eichinger, D.C.; Anderson, C.W.; Berkheimer, G.D. & Blakeslee, T.D. (1993). Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, **30**(3), 249-270.

Lei nº 60/93. *Diário da República 1ª Série-A,* 20 de Agosto, 195, 4428-4429.

Lewis, E.L. (1994). Heat energy and temperature concepts of adolescents, adults, and experts: Implications for curricular improvements. *Journal of Research in Science Teaching*, **31**(6), 657-677.

Linder, C. (1992). Is teacher reflected epistemology a source of conceptual difficulty in physics? *International Journal of Science Education*, **14**(1), 111-121.

Linder, C.J. (1993). A challenge to conceptual change. *Science Education*, **77**(3), 293-300.

Loureiro, M.J. (1991). Uma nova abordagem ao ensino da electricidade-8º ano. *In* Martins, I.P.; Andrade, A.I.; Moreira, A.; Araújo e Sá, M.H.; Costa, N.; Paredes, A.F. (Ed.) *Actas do 2º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino.* Aveiro: Universidade de Aveiro, 211-224.

Lourenço, C.A.S.M. (1991). Didáctica, didácticas, ciências da educação. *In* Martins, I.P.; Andrade, A.I.; Moreira, A.; Araújo e Sá, M.H.; Costa, N.; Paredes, A.F. (Ed.)

Actas do 2º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino. Aveiro: Universidade de Aveiro, 331-338.

Lowe, R.K. (1989). Producing science curriculum materials: some reflections concerning readability and the development of understanding. *The Australian Science Teachers Journal*, **35**(1), 18-26.

Ludke M. e André M. (1986). *Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas,* São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, Lda.

Luffiego, M. Bastida, M.F., Ramos, F. & Soto, J. (1994). Epistemología, caos y enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, **12**(1), 89-96.

Lythcott, J. & Duschl, R. (1990). Qualitative research: from methods to conclusions. *Science Education*, **74**(4), 445-460.

Macedo, J. (sd). Indústria. *Enciclopédia Luso-Brasileira de Cultura*, **10**, 1339-1360.

Magalhães, J.B. (1996). *A ideia de progresso em Thomas Kuhn no contexto da "Nova Filosofia da Ciência"*. Porto: Contraponto.

Mahan, B.H. (1984). *Química: um curso universitário*. São Paulo: Editora Edgar Blucher, Lta.

Marques, L. (1995). Teoria da tectónica de placas. Contributos relativos ao seu percurso histórico. in Cachapuz, A. (Coord). *Formação de Professores. Cadernos Didácticos. Série Ciências*, **1**, 47-93.

Martins, M.I.P. (1989). *A energia das reacções químicas: modelos interpretativos usados por alunos do ensino Secundário.* Dissertação de Doutoramento, não publicada. Aveiro: Universidade de Aveiro.

Matthews, M.R. (1989). A role for history and philosophy in science teaching. *Interchange*, **20**(2), 3-15.

Matthews, M.R. (1990a). History, philosophy and science teaching. What can be done in an undergraduate course? *Studies in Philosophy and Education*, **10**(1), 93-97.

Matthews, M.R. (1990b). Galileo and pendulum motion: a case for history and philosophy in the science classroom. *The Australian Science Teachers Journal*, **36**(1), 7-13.

Matthews, M.R. (1992). History, philosophy and science teaching: The present rapprochement. *Science & Education*, **1,** 11-47.

Matthews, M.R. (1994a). Discontent with constructivism. *Studies in Science Education,* **23**, 165-172.

Matthews, M.R. (1994b). *Science teaching. The role of history and philosophy of science.* New York & London: Routledge.

Matthews, M.R. (1994c). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, **12**(2), 255-277.

Matthews, M.R. (1994d). Vino viejo en botellas nuevas: un problema con la epistemología constructivista. *Enseñanza de las Ciencias*, **12**(1), 79-88.

Matthews, M. R. (1997). James T. Robinson's account of philosophy of science and science teaching: some lessons for today from 1960s. *Science Education*, **81**(3), 265-315.

McConnell, M. (1982). Teaching about science, technology and society at the secondary Sschool level in the United States. An educational dilemma for the 80s. *Studies in Science Education*, **9**, 1-32.

McNiff, J. (1988). *Action research. Principles and practice.* London: MacMillan Education.

Meheut, M.; Saltiel, E. & Tiberghien, A. (1985). Pupils' (11-12 years old) conceptions of combustion. *European Journal of Science Education*, **7**(1), 83-93.

Mellado Jiménez, V. & Carracedo Gallardo, D. (1994). Aproximación a la didáctica de las ciencias desde la filosofia de la ciencia. *In* Mesa, L.M. & Jeremias, J.M. (Eds). *Las didáticas específicas en la formación del profesorado*, Santiago: Tórculo Ediciones, 461-471.

Mellado Jiménez, V. (1994) Concepciones de los profesores de ciencias en formación y práctica del aula. *Actas de las Jornadas sobre Formación del Profesorado de Ciencias y Matemáticas en España y Portugal*, Badajoz, Espanha, 309- 325.

Miguéns, M. (1991). Actividades práticas na educação em ciências: que modalidades? *Aprender*, **14**, 39-44.

Millar R. (1996). Towards a science curriculum for public understanding. *School Science Review*, **77**, 23-32.

Mitter, W. (1991). Teacher education in Europe: problems, challenges, perspectives. *British Journal of Educational Studies*, **39**(2), 138-152.

Monk, M. & Osborne, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: a model for the development of pedagogy. *Science Education*, **81**(4), 405-423.

Multhauf, R. P. (1993).*The origins of chemistry*. Berkeley: Gordon and Breach Science Publishers , S.A.

Newton-Smith, W.H. (1987). *La racionalidad de la ciencia*. Barcelona: Paidos.

Níaz, M. (1994). Más allá del positivismo: una interpretación lakatosiana de la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, **12**(1), 97-100.

Nielsen, H. & Thomsen, P.V. (1990). The incorporation of history and philosophy of science in physics education in Denmark. *The Australian Science Teachers Journal*, **36**(1), 27-33.

Nisbert, J.D. & Entwistle, N.J. (1980). *Métodos de investigación educativa*. Barcelona: Oikos-tau.

Nóvoa, A. (1987). *Le temps des professeurs*. Lisboa: Instituto Nacional de Investigação Científica.

Nóvoa, A. (1991). As ciências da educação e os processos de mudança. *In* Nóvoa, A.; Campos, B.; Ponte, J.P.; & Brederode Santos, M.E. *Ciências da Educação e Mudança*. Porto: Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação, 18-67.

Nóvoa, A. (1994). Les enseignants: à la recherche de leur profession (1). *European Journal of Teacher Education*, **17**(1/2), 35-43.

Nóvoa, A.; Alarcão, I.; Formosinho, J. (1991). Conclusões do Congresso. *In Formação Contínua de Professores. Realidades e Perspectivas*. Universidade de Aveiro, 323-326.

Nurremberg, S.C. & Pickering, M.J. (1987). Concept learning versus problem solving. *Journal of Chemical Education*. **64**, 508-510.

Nussbaum, J. & Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accomodations: Toward a principled teaching strategy. *Instructional Science*, **11**, 183-200.

Nussbaum, J. (1989). Classroom conceptual change: philosophical perspectives. *International Journal of Science Education* , **II**, 530-540.

O'Loughlim, M. (1992). Rethinking science education: beyond piagetian constructivism toward a sociocultural model of teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching,* **29** (8), 791-820.

Oja, S.N. & Smulyan, L. (1989). *Collaborative action research: a developmental approach.* London: The Falmer Press.

Oliveira, M.L.R. (1996). *A prática reflexiva dos professores e o seu processo de mudança. Um estudo no contexto da formação contínua.* Dissertação de Doutoramento, não publicada. Aveiro: Universidade de Aveiro.

Olson, J. & Russell, T. (1984). *Science Education in Canadian Schools. III. Case Studies of Science Teaching*. Québec: Canadian Governement Publishing Centre.

Oñorbre de Torre, A. & Sanchez Jiménez, J.M. (1992). La masa no se crea ni se destruye. *Enseñanza de las Ciencias*, **10**(2), 165-171.

Organização Curricular e Programas (1991). Volume I. Ensino Básico. Lisboa: Ministério da Educação.

Ortega y Gasset (1982). *Que es filosofia?* Madrid: Alianza Editorial.

Osborne, J.F. (1996). Beyond construtivism. *Science Education*, **80**(1), 53-82.

Osborne, R. & Wittrock, M. (1983). Learning science: a generative process. *Science Education*, **67**, 490-508.

Pacheco, J.A. (org.) (1996). *O impacto da reforma curricular no pensamento e na acção do professor.Relatório de investigação.* Braga: CEEP-Edições, Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Minho.

Pacheco, J.A. (1991). A Reforma do Sistema Educativo Alguns aspectos da reorganização dos planos curriculares dos ensinos básico e secundário em Portugal e Espanha. *Revista Portuguesa de Educação*, **4** (2), 69-83.

Pacheco, J.A. (1997). Um estudo sobre a Reforma Curricular. *Noesis*, Janeiro/Março, 24-25.

Paixão, M.F. & Cachapuz, A.F. (1997). Dimensão epistemológica dos programas de física e química e implicações na prática de ensino: que leitura fazem os professores. *Enseñanza de las Ciencias. V Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias*. Murcia, 115.

Paixão, M.F. & Cachapuz, A.F. (1998). Dimensión epistemológica de los programas de física e química e implicaciones en las prácticas de enseñanza: qué lectura hacem los profesores? *In* Banet, E. & Pro, A. (Coords) *Investigación e innovación en la Enseñanza de las Ciencias.* Volumen I, 284-293.

Paixão, M.F. (1993). *Os desafios da reforma curricular e a formação de professores de ciências da natureza do 1º ciclo do ensino básico. A prática pedagógica como*

Indicador de Mudanças Necessárias.. Dissertação de Mestrado, não publicada. Aveiro: Universidade de Aveiro.

Paixão, M.F. (1995). Valor e limites da ciência: contributos para uma reflexão. *Educare-Educere*, **1**, 97-108.

Paixão, M.F. (1997). Orientação do trabalho experimental: percorrer um caminho do tradicional ao inovador. *VI Encontro Nacional de Docentes, Educação em Ciências da Natureza*. Évora: Universidade de Évora, 66-67.

Paixão, M.L. (1990). As reformas da educação. *GEP Educação*, 5.

Palmer, D.H. & Flanagan, R.B. (1997). Readiness to change the conception that "motion-implies-force": a comparison of 12-year-old and 16-year-old students. *Science Education*, **81** (3), 317-331.

Pasquinelli, A. (1982). *Carnap e o positivismo lógico*. Lisboa: Edições 70.

Patrício, M. (1993). Que futuro para a formação de professores. in *Linhas de Rumo em Formação de Professores, Congresso Internacional de Formação de Professores nos Países de Língua e Expressão Portuguesas.* Aveiro: Universidade de Aveiro, 21- 43.

Patrício, M.F. (1990). *A escola cultural. Horizonte decisivo da reforma educativa.* Lisboa: Texto Editora.

Pedretti, E. & Hodson, D. (1995). From rhetoric to action: implementing STS education through action research. *Journal of Research in Science Teaching*, **32**(5), 463-485.

Perrenoud, P. (1993). *Práticas pedagógicas, profissão docente e formação. Perspectivas sociológicas*. Lisboa: Publicações D. Quixote.

Perrenoud, P. (1994). Compétences, habitus et savoirs professionnels. *European Journal of Teacher Education*, **17**(1/2), 45-48.

Pessoa de Carvalho, A.M. y Castro, R.S. (1992). La historia de la ciencia como herramienta para la enseñanza de física en secundaria: un ejemplo en calor y temperatura. *Enseñanza de las Ciencias*, **10**(3), 289-294.

Poirier, J. P.(1994). The Lavoisier Bicentennial in Paris. *Chemical Heritage*, **12**(1), 28-29.

Pomeroy, D. (1993). Implications of teachers' beliefs about the nature of science: comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. *Science Education*, **77**(3), 261-278.

Ponte, J.P. (1991). A formação contínua na estaca zero? *in Formação Contínua de Professores. Realidades e Perspectivas*. Aveiro: Universidade de Aveiro, 129-132.

Popper, K.R. (1987a). *Sociedade aberta, universo aberto*. Lisboa: Publicações D.Quixote.

Popper, K.R. (1970). Normal Science and its Dangers. *in* Lakatos, I. & Musgrave, A. (Ed.) *Criticism and the Growth of Knowledge*. New York: Cambridge University Press, 51-58.

Popper, K.R. (1987). *O realismo e o objectivo da ciência*. Lisboa: Publicações D.Quixote.

Popper, K.R. (1990). *O futuro está aberto*. Lisboa: Edições Fragmentos.

Porlán Ariza R. (1994). La identidad epistemologica de la didactica de las ciencias experimentales. *In* Montero Mesa, Jeremias Vaz L. J. *Las didacticas especificas en la formación del profesorado.*

Porlán Ariza, R. (1994). La identidad epistemologica de la didáctica de las ciencias experimentales. *In* Montero Mesa, L. & Vaz Jeremias, J.M. (Eds). *Las Didácticas Específicas en la Formación del Profesorado*, 251-258.

Porlán Ariza, R. (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, **16**(1), 175-185.

Porlán, R. (1997). *Constructivismo y escuela. Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación*. Sevilla: Díada Editora.

Posner, G.J.; Strike, K.A.; Hewson, P.W. & Gertzog, W.A. (1982). Accomodation of a scienctific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, **66**(2), 211-227.

Praia, J. & Cachapuz, A. (1998). Concepções epistemológicas dos professores portugueses sobre o trabalho experimental. *Revista Portuguesa de Educação*, **11**(1), 71-85.

Praia, J.F. & Cachapuz, A.F. (1994a). Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento cientifico de los profesores portugueses de la enseñanza secundária. *Enseñanza de las Ciencias*, **12**(3), 350-354.

Praia, J.F. & Cachapuz, A.F. (1994b). Para uma reflexão em torno das concepções epistemológicas dos professores de ciências, ensino básico (3° Ciclo) e secundário: um estudo empírico. *Revista Portuguesa de Educação*, **7**(1/2), 37-47.

Praia, J.F. (1991). *Dificuldades intrínsecas da formação inicial. Formação contínua como resposta*. Separata de Ciências da Educação em Portugal. Situação actual e perspectivas. Porto: Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação.

Praia, J.J.F.M. (1995). *Formação de professores no ensino da geologia: contributos para uma didáctica fundamentada na epistemologia das ciências. O caso da deriva continental. Volume I.* Dissertação de Doutoramento, não publicada, Aveiro: Universidade de Aveiro.

Prigogine, I. (1996). *O fim das certezas*. Lisboa: Gradiva.

Programa ciências físico-químicas (1991). *Programas e organização curricular. Ensino Básico 3º ciclo*. Lisboa: Ministério da Educação.

Programa ciências físico-químicas (1995). *Programa e organização curricular. Ensino básico 3º ciclo*. Lisboa: Ministério da Educação.

Pruvot, P. (1972). *Spectrophotométrie de flammes*. Paris: Gauthier-Villars Éditeur.

Ralha-Simões, H. & Simões, C. (1995). Nível do ego e processos metacognitivos no contexto da formação em supervisão. *In* Tavares, J. (ed.). *Supervisão e inovação educativa*. Aveiro: Cidine.

Ralha-Simões, H. (1991). Nível de auto-conhecimento e competência educativa. *Supervisão e Formação de Professores. CIDINE*, 1, 31-40.

Reichen, C-A. (1966). *História da Química*. Lisboa: Morais Editora.

Robson, C. (1993). *Real world research. A resource for social scientists and practitioner- researchers*. Oxford UK and Cambridge USA: Blackwell.

Roman, P. (1985). Un método asequible para introducir a los estudiantes en el domínio de la historia de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, **3**(3), 249-250.

Romero Ayala, F. (1998). Una pequeña reflexión sobre los problemas de investigación de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, **16**(1), 171-174.

Rosmorduc, J. (1983). *The Tales a Einstein. História da física e da química*. Lisboa: Editorial Caminho. Colecção Universitária.

Rubba, P.A. & Anderson, H.O.(1978). Development of an instrument to assess secondary school students' understanding of the nature of scientific knowledge science education. *Science Education*, **62**(4), 449-458.

Rubba, P.A. (1977). The development, field testing and validation of na instrument to assess secondary school students' understanding of the nature of scientific knowledge. *Dissertations Abstracts International*, 38, 5378 A

Ruggieri, R.; Tarsitani, C. & Vicentini, M. (1993). The images of science of teachers in latin countries. *International Journal of Science Education*, **15**(4), 383-393.

Sánchez, G. & Valcárcel, M.V. (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, **11**(1), 33-44.

Sánchez Blanco, G.; De Pro Bueno, A. & Valcárcel Pérez, M.A.V. (1997). La utilización de un modelo de planificación de unidades didácticas: el estudio de las disoluciones en la educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, **15**(1), 35-50.

Sands, M.K. (1981). Group work in science: myth and reality. *School Science Review,* **62**(221), 765-769.

Santos, A.M.N. e Costa, P.F. (1992). A contribuição de Lavoisier para os fundamentos da química moderna. In Dias, A.R. e Ramos, J.M. *Química e sociedade. A presença da química na actividade humana.* **2**, Lisboa: Escolar Editora e Sociedade Portuguesa de Química, 185-213.

Santos, M.E. & Praia, J.F. (1992). Percurso de mudança na didáctica das ciências. Sua fundamentação epistemológica. *Ensino das Ciências e Formação de Professores. Projecto MUTARE* (coordenação: Cachapuz, A.) Aveiro: Universidade de Aveiro, 7-34.

Santos, M.E. (1991). *Mudança conceptual na sala de aula. Um desafio pedagógico.* Lisboa: Livros Horizonte.

Santos, M.E.V.M. (1998). *Respostas curriculares no 'ethos' da ciência.* Dissertação de doutoramento (não publicada). Lisboa, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.

Schon, D. (1983). *The reflective practioner.* New York: Basic Books.

Schon, D. (1987). *Educating the reflective practioner*, San Francisco: Jossey Bass.

Scott, E. L. (1971). Chemistry's crucial decade 1771-1780. *Education in Chemistry*, **8**(1), 9-11.

Seabra, V.C. (1985) *Elementos de Chimica. Reprodução fac-similada da edição impressa em Coimbra, na real oficina da universidade em 1788 (parte I) e 1790 (parte II).* Coimbra: Universidade de Coimbra.

Serres, M. (Dir.) (1989). *Elementos para uma história das ciências.* (3 volumes). Lisboa: Terramar.

Shuell, T.J. (1987). Cognitive psichology and conceptual change: implications for teaching science. *Science Education*, **71**(2), 239-250.

Silva, C.; Silva, P; Passos, P; Morais, A.M. & Neves, I.P. (1994). A construção da ciência e o ensino da ciência. A fraude em ciência. *Revista de Educação*, 171-175.

Silverman, M.P. (1992). Raising questions: philosophical significance of controversy in science. *Science & Education,* **1**(2), 163-179.

Skinner, Q. (1992). *As ciências humanas e os seus grandes pensadores.* Lisboa: Publicações D. Quixote.

Solbes, J.; Vilches, A. (1997). STS interactions and the teaching of physics and chemistry. *Science Education*, **81**(4), 377-386 .

Solomon, J. (1983). Messy, contradictory and obstinatly persistent. *School Science Review*, 225-230.

Solomon, J. (1987). Social influences on the construction of pupils' understanding of science. *Studies in Science Education*, **14**, 63-82.

Solomon, J. (1988). Learning through experiment. *Studies in Science Education*, **15**, 103-108.

Solomon, J. (1990). The discussion of social issues in the science classroom. *Studies in Science Education*, 18, 105-126.

Solomon, J. (1991). Teaching about the nature of science in the British National Curriculum. *Science Education*, **75**(1), 95-103.

Solomon, J. (1994). The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education*, **23**, 1-19.

Solomon, J.; Duveen, J.; Scott, L.; McCarthy, S. (1992). Teaching about the nature of science through history: Action research in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, **2**(4), 409-421.

Solomon, J.; Scott, L.; Duveen, J. (1996). Large-scale exploration of pupils' understanding of the nature of science. *Science Education*, **80**(5), 493-508.

Sousa Santos, B. (1987). *Um discurso sobre as ciências*. Porto: Edições Afrontamento.

Sprod, T. (1993). History in science education: why, what and how. *The Australian Science Teachers Journal*, **39**(1), 14-20.

Stenhouse, L. (1993). *La investigación como base de la enseñanza.* Madrid: Morata.

Stewart, R. (1964). *Oxidation mechanisms: Applications to organic chemistry*. New York: W. A. Benjamin, Inc.

Thagard, P. (1993) *Conceptual revolutions*.Princeton: Princeton University Press.

Thies-Sprinthall, L. & Sprinthal, N.A. (1987). Experienced teachers: agents for revitalization and renewal as mentors and teacher educators. *Journal of Education*, **169**(1), 65-79.

Thies-Sprinthall, L. (1980). Supervision: an educative or mis-educative process? *Journal of Teacher Education*, **31**(4),17-22.

Thies-Sprinthall, L. (1984). Promoting the developmental growth of supervision teachers: theory, research programs, and implications. *Journal of Teacher Education*, **35**, 53-60.

Thomaz, M.F. (1987). Uma perspectiva construtivista para o ensino da Física. I - "psicologia da construção pessoal" de George Kelly. *Gazeta de Física*, **10**(4), 121-128.

Tisher, R.P. & Wideen, M.F. (1990*). Research in Teacher Education. International perspectives*. London: The Falmer Press.

Tobin, K. & Fraser, B.J. (1990). What does it mean to be an exemplary science teacher? *Journal of Research in Science Teaching*, **27**(1), 3-25.

Tobin, K. (1988a). Good science teaching: in the eye of the beholder? *The Australian Science Teachers Journal*, **33**(4), 15-20.

Tobin, K. (1988b). Investigations of exemplary practice in australian science classes. *The Australian Science Teachers Journal*, **34**(1), 23-29.

Tobin, K. (1996b). Metaphors as seeds for conceptual change and the improvment of science teaching. *Science Education*, **80**(6), 711-730.

Tobin, K. (1990). Social construtivist perspectives on the reform of science education. *The Australian Science Teachers Journal*, **36**, 29-35.

Tobin, K. (1993). Referents for making sense of science teaching. *International Journal of Science Teaching*. **15**, 241-254.

Tobin, K.& McRobbie, C.J. (1996). Cultural myths as constraints to the enacted science curriculum. *Science Education*, **80**(2), 223-241.

Tobin, K.G. (1994). The participation of researchers in the process of reform. *NARST NEWS*, **36**(1), 1-6.

Toffler, A. (1984). *A terceira vaga*. Lisboa: Livros do Brasil.

Travassos, J. (1991). Dimensão pedagógica e didáctica na formação contínua de professores. *In Formação contínua de professores. Realidades e perspectivas*. Aveiro: Universidade de Aveiro, 133- 140.

Vaz, M.E. & Valente, M.O. (1995). Atmosfera CTS nos currículos e manuais. *Noesis* Abril/Junho, 22-27.

Vázquez Alonso, A. & Manassero Mas, M.A. (1995). Actitudes relacionadas con la ciencia: Una revisión conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, **13**(3), 337-346.

Veiga, M.L. (1991). Didáctica: da concepção às correntes que a integram. *In* Martins, I.P.; Andrade, A.I.; Moreira, A.; Araújo e Sá, M.H.; Costa, N.; Paredes, A.F. (Ed.) *Actas do 2º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino*. Aveiro, Universidade de Aveiro, 311-317.

Vigotsky, L.S. (1979). *Pensamento e linguagem*. Lisboa: Antídoto.

Wheatley, G.H. (1991) Constructivist perspectives on science and mathematics learning. *Science Education*, **75**(1), 9-21.

Willson, V.L. (1987). Theory-building and theory-confirming. Observation in science education. *Journal of Research in Science Teaching*, **24**(3), 279-284.

Woolnough, B.E. & Toh, K.A. (1990). Alternative approaches to assessment of practical work in science. *School Science Reveiw*, **71**(256), 127-131.

Woolnough, B.E. & Allsop, T. (1985). *Practical Work in Science*, Cambridge: Cambridge University Press.

Wright, P.G. (1981). Evidence and non-evidence for the existence of atoms and molecules. *Education in Chemistry*, **18**(3), 74-75.

Yager, R.E. & Penick, J.E. (1983). Analysis of the current problems with school science in the USA. *European Journal of Science Education*, **5**, 459-463.

Yager, R.E. & Penick, J.E. (1986). Perception of four groups towards science classes, teachers and value of science. *Science Education*, **70**(4), 335-363.

Yarroch, W.L. (1985). Student understanding of chemichal equation balancing. *Journal of Research in Science Teaching*, **22**(5), 449-459.

Yin, R.K. (1987). *Case study research. Design and methods.* Beverly Hills: SAGE Publications.

Zeichner, K. (1993). *A formação reflexiva de professores: Ideias e práticas*. Lisboa: Educa.

Zuzovsky, R. (1994). Conceptualizing a teacher experience on the development of the idea of evolution: An epistemological approach to the education of science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, **31**(5), 557-574.

ANEXOS

Identificação dos Anexos

Anexo 1 - Carta de pedido de autorização de videogravação de aulas, dirigida aos Presidentes dos Conselhos Directivos das Escolas Secundárias onde decorreram as videogravações na Primeira Fase do Estudo.

Anexo 2 - Carta ao Presidente do Conselho Directivo da Escola Secundária da professora B, dando conta da carta a enviar aos Encarregados de Educação dos alunos(as) das turmas videogravadas, conforme sua exigência.

Anexo 3 - Carta enviada aos Encarregados de Educação dos alunos(as) das turmas videogravadas na Escola Secundária da Professora B.

Anexo 4 - Carta enviada à Professora B referente ao assunto de pedido de autorização aos Encarregados de Educação dos alunos(as) da sua turma a ser videogravada, e a questões de ordem técnica.

Anexo 5 - Carta dirigida aos responsáveis pelo Centro de Recursos da Escola Superior de Educação de Castelo Branco para solicitar a disponibilização por tempo não habitual, e em simultâneo, de câmaras de vídeo para videogravação de aulas.

Anexo 6 - Carta dirigida aos professores colaboradores da Primeira Fase em sinal de agradecimento pela colaboração e acompanhando os descritivos das respectivas aulas videogravadas no sentido de os validarem como traduzindo com fidelidade o que ocorreu nessas aulas.

Anexo 7 - Carta de apresentação do Questionário relativo à leitura pelos Professores dos Programas de Física e Química da Reforma Curricular.

Anexo 7* - Questionário sobre "O Novo Programa de Física e Química para o 3º Ciclo do Ensino Básico" (versão compacto)

Anexo 8 - Carta-Convite aos Professores para a participação no Seminário "História da Ciência e Trabalho Experimental: Duas Dimensões relevantes para Práticas Inovadoras no Ensino da Química - o tema das reacções Químicas", início do Programa de Formação desenvolvido com os professores colaboradores da terceira fase.

Anexos 9 e 9* - Programa do Seminário: "História da Ciência e Trabalho Experimental: Duas Dimensões relevantes para Práticas Inovadoras no Ensino da Química - o tema das reacções Químicas".

Anexo 10 - Ficha de Avaliação do Seminário: "História da Ciência e Trabalho Experimental: Dimensões relevantes para Práticas Inovadoras no Ensino da Química - o tema das Reacções Químicas".

Anexo 11 - Carta de pedido de autorização de videogravação de aulas dirigida aos Presidentes dos Conselhos Directivos das Escolas Secundárias onde decorreram as videogravações na Terceira Fase do Estudo.

Anexo 12 - Carta a enviar aos Encarregados de Educação dos alunos(as) das turmas videogravadas nas Escolas Secundárias das Professora Colaboradoras da Terceira Fase do estudo.

Anexo 13 - Carta de agradecimento ao professor responsável dos recursos tecnológicos, e que se encarregou da videogravação das aulas, da Escola Secundária de uma das Professoras Colaboradoras na terceira fase do estudo

Anexo 14 - Certificado relativo ao Programa de Formação passado às professoras colaboradoras da terceira fase do estudo

Anexo 15 - Questões resolvidas pelos alunos e discutidas em Entrevista, após a implementação da sequência de ensino proposta.

Anexo 1

ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO
INSTITUTO POLITÉCNICO DE CASTELO BRANCO

Exmo Senhor
Presidente do Conselho Directivo
da Escola _____

Para a condução do meu projecto de Investigação de Doutoramento, sob a orientação do Doutor A. F. Cachapuz, Professor Catedrático da Universidade de Aveiro, é indispensável a colaboração da minha colega Dra. _____, professora do Quadro de Nomeação Definitiva, na Escola de que V. Exa é Presidente do Conselho Directivo.

Sendo do maior interesse para a investigação envolver as Escolas e os Professores com os investigadores, tendo a professora mostrado interesse na participação no projecto de investigação referido e sendo indispensável a videogravação de aulas com os respectivos alunos em situação de Prática Pedagógica, grata ficaria se Va Exa possibilitasse o acesso da investigadora à Escola e eventualmente às aulas da professora, turmas _____ e _____, durante o período de interesse para a investigação, que será oportunamente comunicado a V. Exa.

Para quaisquer informações poderá contactar-nos para Escola Superior de Educação, Rua Faria Vasconcelos, 6000 Castelo Branco, tel 072/3300100 Fax 072/23477

Castelo Branco, 05/01/996

Antecipadamente grata pela atenção dispensada
Respeitosamente

Maria de Fátima Paixão

Anexo 2

ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO
INSTITUTO POLITÉCNICO DE CASTELO BRANCO

Exmo Senhor

Presidente do Conselho Directivo

da Escola _____

Estou grata a Va Exa pela receptividade manifestada aquando da minha passagem pela escola que dirige.

Envio exemplar da carta que fiz chegar à Professora Dra _____ e que se destina a obter autorização dos pais/encarregados de educação da turma _____ para a videogravação de parte da segunda unidade do programa de Química do 8 º ano, aguardando a melhor compreensão.

Castelo Branco, 1996/01/09

Antecipadamente grata pela atenção dispensada.

Respeitosamente

Maria de Fátima Paixão

Anexo 3

ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO
INSTITUTO POLITÉCNICO DE CASTELO BRANCO

Exmo Pai/Mãe/Encarregado(a) de Educação do aluno(a) da turma _____

No âmbito do meu projecto de investigação de doutoramento, sob a orientação do Doutor A. F. Cachapuz, Professor Catedrático da Universidade de Aveiro, é indispensável a gravação em video da prática pedagógica correspondente a parte da segunda unidade do programa de Química do 8º ano de escolaridade. Estão envolvidas várias escolas e professores do país. Uma das escolas e turma integrada nesse plano é a do seu educando. Nenhuma participação é pedida directamente pela investigadora aos alunos e nenhuma alteração é introduzida pelo professor em função do projecto. As videogravações serão tão só usadas pela investigadora e exclusivamente no âmbito do projecto referido, sendo postas à sua disposição, se solicitadas. Contudo, caso queira apresentar algum impedimento, agradeço que o faça até ao dia 16 de Janeiro de 1996; caso pretenda obter algum esclarecimento, venho colocar-me à sua disposição através da Escola Superior de Educação, Rua Faria Vasconcelos, 6000 Castelo Branco, tel 072/3300100 Fax 072/23477.

Castelo Branco, 1996/01/09

Respeitosamente

Maria de Fátima Paixão

ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO
ISTITUTO POLITÉCNICO DE CASTELO BRANCO

Anexo 4

Cara colega _____

Estou grata pela receptividade manifestada aquando da minha passagem pela escola.

Envio-lhe 30 exemplares de uma carta, que tal como combinámos, poderá fazer chegar aos pais/encarregados de educação, ou dar à Directora de Turma, como achar conveniente.

Enviei igualmente ao Exmo Sr Presidente do Conselho Directivo um exemplar dessa carta.

Seguem também cassetes 8mm. Confio que as gravações estejam a correr bem, uma vez que a colega mostrou ser muito competente para se desembaraçar de problemas técnicos ocasionais. Telefonar-lhe-ei em breve para saber quando posso recolher algumas das cassetes já gravadas. Em seguida farei também uma reprodução para lhe dar.

Estou muito grata pela sua colaboração.

Castelo Branco, 1996/01/09

Antecipadamente grata pela colaboração dispensada.

Maria de Fátima Paixão

ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO DE CASTELO BRANCO

Anexo 5

Exmos Responsáveis pelo Centro de Recursos
da Escola Superior de Educação de Castelo Branco

Para prosseguimento do trabalho de investigação âmbito do meu Doutoramento sob a orientação do Professor Catedrático da Universidade de Aveiro, Doutor A. F. Cachapuz, venho solicitar que me seja permitida a utilização de duas câmaras de video, que possam garantir a obtenção de uma boa qualidade de imagem, para permanecerem sob a minha responsabilidade durante cerca de dois meses consecutivos, a partir de 15 de Abril, a fim de gravar, sem interrupção, aulas de dois professores do Ensino Secundário que colaboram no projecto.

Castelo Branco, 7 de Março de 1996
Pede deferimento

Maria de Fátima Carmona Simões da Paixão

ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO
STITUTO POLITÉCNICO DE CASTELO BRANCO

Castelo Branco 20/01/97

Cara Colega

No âmbito do desenvolvimento da minha dissertação de Doutoramento vou a partir deste momento proceder a análise de alguns aspectos das aulas que com o seu consentimento e colaboração foram videogravadas. A partir das videogravações foram obtidos os documentos que agora lhe envio.

As razões principais desta carta são:

- Em primeiro lugar agradecer-lhe a disponibilidade e o interesse que sempre mostrou em envolver-se e dar o seu contributo para uma investigação na área da Didáctica das Ciências e que esperamos contribua para uma mudança mais efectiva no domínio das práticas de ensino.

- Em segundo lugar pedir-lhe que me explicite a sua concordância/discordância com estes documentos, que não pretendem ser a transcrição e/ou descrição exaustiva das suas aulas mas sim traduzir com fidelidade a descrição daquilo que observamos/ouvimos. Assim, em caso de não concordância, poderá fazê-lo por escrito, se possível até final de Janeiro, remetendo-me esses documentos, sublinhando as porções que considera que alteram significativamente a descrição das suas aulas e se possível a justificação para tal desacordo.

Agradeço desde já a disponibilidade manifestada

Maria de Fátima Paixão

ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO
STITUTO POLITÉCNICO DE CASTELO BRANCO

Anexo 7

Março de 1996

Caro(a) Colega:

Com o presente Questionário pretende-se melhorar o nosso conhecimento sobre como é que os professores de Ciências (Física e Química) fazem a leitura de alguns aspectos dos Programas (Nova Reforma, 3º Ciclo do Ensino Básico). As suas respostas são uma **contribuição indispensável** para fundamentar investigação subsequente sobre o modo como a Reforma Curricular está a ser implementada.

Responda **individualmente**. As respostas são **anónimas** e exclusivamente usadas para fins de investigação, colocando-se a investigadora à disposição da escola, e em particular do grupo de Física e Química, para eventuais debates organizados sobre o assunto.

Por favor, não deixe nenhuma questão sem resposta e após o preenchimento devolva o Questionário à pessoa que lhe o fez chegar ou directamente a Maria de Fátima Paixão, Escola Superior de Educação, Rua Faria Vasconcelos, 6000 Castelo Branco, sem necessidade de identificação.

Muito obrigada pela sua preciosa colaboração.

Maria de Fátima Paixão

Anexo. 7*

O NOVO PROGRAMA DE FÍSICA E QUÍMICA PARA O 3º CICLO DO ENSINO BÁSICO

QUESTIONÁRIO

- Individual e Anónimo.
- Para mais espaço usar versos de página.
- Consultar Programa de Física e Química para o 3º Ciclo do Ensino Básico (Nova Reforma Curricular).

Caracterização

1. Escola onde lecciona actualmente _____

2. Nível(eis) de ensino que lecciona (no presente ano lectivo)

☐ 3º Ciclo Ensino Básico

☐ Secundário

☐ 3º Ciclo e Secundário

3. Formação Académica _____

4. Modelo de Profissionalização _____

5. Tempo de seviço (até Setembro de 1996): _____

6. Cargos profissionais desempenhados (indicar o número de anos)

☐ Delegado de grupo_____

☐ Orientação de estágios_____

☐ Outro/explicite_____

7. Área(s) de formação/actualização profissional (nos últimos 5 anos)

☐ Psicologia da Aprendizagem

☐ Pedagogia/Metodologia

☐ Conteúdos Científicos Química

☐ Conteúdos Científicos Física

☐ História da Ciência

☐ Filosofia da Ciência

☐ Trabalho Experimental em Física

☐ Informática

☐ Trabalho Experimental em Química

☐ Outra/especifique

As Questões que se seguem têm como Documento de referência o Programa de Física e Química em vigor para o 3º Ciclo do Ensino Básico (Ministério da Educação, Maio 1995)

Q1 - O que lhe foi proporcionado a nível central/ escola/ grupo /pessoal tendo em vista a **sua** formação para a prática de ensino com o novo Programa?

Q2 - Considera a sua formação adequada para a prática de ensino com o novo Programa? Refira-se a obstáculos a que o Programa seja posto em prática, em particular a aspectos concretos relativos à sua formação e em que sente dificuldades.

Q3 - Quais as principais **diferenças**, nas finalidades, entre o antigo e o novo Programa?

Q4 - Faça um comentário sobre a articulação entre as **finalidades** e as **propostas metodológicas** apresentadas no novo Programa.

Q5 - Indique alguns aspectos referentes à "**natureza da ciência**" que estejam presentes no Programa.

Nas questões seguintes (Q6 a Q12) apresentam-se algumas trancrições retiradas do texto do Programa e que lhe pedimos para comentar, apresentando a sua posição face a essas afirmações.

Q6 - São referidos "processos de trabalho científico". O que é para si trabalho científico e que processos lhe estão relacionados.

Q7 - "Os alunos devem aprender a fazer observações cuidadosas" (p.17, p.35). Comente criticamente.

Q8 - "É indispensável que os alunos aprendam a tirar partido dos dados experimentais" (p.14). Comente criticamente.

Q9 - "acrescente-se que as actividades experimentais/práticas não deverão ser encaradas como uma extensão da teoria, nem tão pouco como precursoras dela, (pelo que não se propõe uma divisão artificial entre aulas teóricas e aulas práticas)" (p.23). Comente criticamente.

Q10 - "Uma boa estratégia consiste em começar por tratar assuntos novos, sempre que possível, a partir de observações directas e pessoais" (p.23). Comente criticamente.

Q11 - "É desejável que cada área temática seja desenvolvida à volta de uma questão central e tendo em conta a existência de contextos reais onde os conhecimentos científicos adquiram relevância" (p.36). Comente criticamente.

Se entender fazer algum comentário, sugestão etc., nomeadamente aspectos que considera lacunas, relativos a questões que se prendem com o Programa, por favor apresente-os.

Grata pela sua colaboração
Maria de Fátima Paixão

Universidade de Aveiro
DEPARTAMENTO DE DIDACTICA E TECNOLOGIA EDUCATIVA
3810 AVEIRO (Portugal)

Anexo 8

Caro (a) Colega:

Dada a sua já anterior colaboração em Projectos de Investigação do Departamento de Didáctica e Tecnologia da Universidade de Aveiro e/ou o seu interesse já manifestado pela discussão de temas e problemáticas que possam vir a contribuir para melhorias significativas no quadro do Ensino das Ciências (Física e Química) nas nossas escolas, convidamo-lo(a) a participar activamente num Seminário, integrados num Projecto aprovado pelo IIE, "Reforma Curricular e Formação de Professores/Ciências: Da (Re)Construção de Práticas Inovadoras". O primeiro terá lugar no dia 23 Abril de 1997 versando a temática: **"História da Ciência e Trabalho Experimental: Dimensões relevantes para Práticas Inovadoras no Ensino da Química - O tema das Reacções Químicas"**.

Para além da oportunidade de debater questões de interesse didáctico será ainda fornecido material de apoio adicional e referências bibliográficas actuais sobre os temas tratados.

Relativo à sua participação ser-lhe-á passado um certificado de presença e as despesas de deslocação serão suportadas pelo Projecto.

Dado o número de participantes ter necessariamente de ser limitado, solicitamos-lhe que confirme até ao próximo dia 18 de Abril o seu interesse em estar presente, para: Maria de Fátima Paixão, telefone 072 26557.

Saudações cordiais.

Aveiro, 7 de Abril de 1997

O Coordenador do Projecto

A. F. Cachapuz
(Professor Catedrático)

Telef. ...370352 ☆ Fax...370219

Comissão Organizadora:

António Cachapuz UA
Isabel Martins UA
João Praia UP
Fátima Paixão IPCB

APOIO:
Instituto de Inovação Educacional

Universidade de Aveiro

SEMINÁRIO

História da Ciência e Trabalho Experimental: Dimensões Relevantes para Práticas Inovadoras

Orientação:
João Praia
Fátima Paixão

Local:
Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa (Edifício do CIFOP)
Universidade de Aveiro

Projecto: *Reforma Curricular e Formação de Professores /Ciências: Da (Re)construção de Práticas inovadoras*

Projecto: *Reforma Curricular e Formação de Professores /Ciências: da (Re)construção de Práticas inovadoras*

OBJECTIVOS:

- *Partilhar experiências de ensino habitualmente realizadas.*

- *Debater estratégias para novas orientações didácticas*

- *Valorizar Práticas de ensino fundamentadas*

Projecto: *Reforma Curricular e Formação de Professores/Ciências: da (Re)construção de Práticas Inovadoras*

PROGRAMA

10.00h - Abertura- Coordenador do Projecto: *A. F. Cachapuz*

10:30h - História da Ciência e Trabalho Experimental: Dimensões relevantes para Práticas Inovadoras no Ensino das Ciências - *João Praia*

13:00h - Almoço

14:30h - O tema "Reacções Químicas" do 8º ano de escolaridade: Exploração crítica de uma proposta de ensino - *Fátima Paixão.*

17:00 - Encerramento.

Projecto: *Reforma Curricular e Formação de Professores /Ciências: da (Re)construção de Práticas inovadoras*

Anexo 9*

Universidade de Aveiro
DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA E TECNOLOGIA EDUCATIVA
3810 AVEIRO (Portugal)

Anexo 10

FICHA DE AVALIAÇÃO DO SEMINÁRIO

Esta Ficha tem a finalidade de avaliar o Seminário em que participou, a fim de a Comissão Organizadora poder efectuar um balanço e eventualmente produzir alterações em subsequente organização.

(Marque a sua opção com uma circunferência
Escala de avaliação: 1-Fraco; 2- Suficiente; 3- Bom; 4- Muito Bom)

Actualidade e interesse geral do Tema	1	2	3	4
Contribuição para a melhoria da qualidade do ensino	1	2	3	4
Consecução dos Objectivos Gerais propostos para o Seminário	1	2	3	4
Desenvolvimento das actividades	1	2	3	4
Avaliação Global	1	2	3	4

Sugestões:

Muito Obrigado pela sua participação!

Telef. 370352 ☆ Fax...370219

ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO
STITUTO POLITÉCNICO DE CASTELO BRANCO

Anexo 11

Exmo Senhor
Presidente do Conselho Directivo

Para a condução do meu projecto de Investigação de Doutoramento, sob a orientação do Doutor António F. Cachapuz, Professor Catedrático da Universidade de Aveiro, é indispensável a colaboração da minha colega _____, professora na Escola de que V. Exa é Presidente do Conselho Directivo.

Sendo do maior interesse para a investigação educacional envolver as Escolas e os Professores com os investigadores, tendo a professora mostrado interesse na participação no projecto de investigação referido e sendo conveniente a videogravação de aulas em situação de Prática Pedagógica, grata ficaria se Va Exa autorizasse a videogravação das aulas da professora, turma ____, durante o período de interesse para a investigação, que será oportunamente comunicado a V. Exa.

Para quaisquer informações poderá contactar-nos para Escola Superior de Educação, Rua Faria Vasconcelos, 6000 Castelo Branco, tel 072/3300100 Fax 072/23477

Castelo Branco, 1998/01/23

Antecipadamente grata pela atenção dispensada
Respeitosamente

Maria de Fátima Paixão

ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO
STITUTO POLITÉCNICO DE CASTELO BRANCO

Anexo 12

Exmo(a) Encarregado(a) de Educação do(a) aluno(a) da turma _____

No âmbito do meu projecto de investigação de doutoramento, sob a Orientação do Doutor António F. Cachapuz, Professor Catedrático da Universidade de Aveiro, é importante a gravação em video da prática pedagógica correspondente a parte da segunda unidade do Programa de Química do 8º ano de escolaridade. Colaboram várias escolas e professores do país. Uma das escolas e turma integrada nesse Projecto é a do(a) seu(sua) educando(a). As videogravações serão tão só usadas pelas investigadora e professora, e exclusivamente no âmbito do assunto referido, sendo postas à sua disposição, se solicitadas. Contudo, caso queira apresentar algum impedimento/sugestão, agradeço que o faça até ao dia 31 de Janeiro de 1998; caso pretenda obter algum esclarecimento, venho colocar-me à sua disposição através da Escola Superior de Educação, Rua Faria Vasconcelos, 6000 Castelo Branco, tel 072/3300100; Fax 072/23477.

Respeitosamente

Castelo Branco, 1998/01/23

Maria de Fátima Paixão

ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO
STITUTO POLITÉCNICO DE CASTELO BRANCO

Exmo Senhor Dr. _____

Caro Colega

Concluidas as videogravações da prática de ensino da Professora Dra _____ não poderia deixar de me fazer presente agradecendo a sua prestimosa colaboração na parte técnica do processo desenvolvido.

Tal processo insere-se na minha tese de Doutoramento no âmbito da Didáctica da Física e Química. A sua imensa disponibilidade e competência, da qual resultaram videogramas de excelente qualidade técnica, em imagem e som, muito facilitaram o visionamento e análise imprescindíveis para o referido Projecto.

Desejo, deste modo, manifestar-lhe a minha gratidão e colocar-me à sua disposição no meu âmbito profissional.

Castelo Branco, 16 de Fevereiro de 1998

Maria de Fátima Paixão

ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO
INSTITUTO POLITÉCNICO DE CASTELO BRANCO

CERTIFICADO

Para os devidos efeitos se certifica que colaborou num Projecto de Investigação em Didáctica da Física e da Química no âmbito da História da Ciência e do Trabalho Experimental como dimensões relevantes para práticas de ensino epistemologicamente fundamentadas tendo para o efeito participado num Programa de Formação que decorreu entre Dezembro de 1997 e Fevereiro de 1998, na Escola Superior de Educação de Castelo Branco, num total de 30 horas teóricas e práticas.
O referido Programa de Formação foi avaliado, relativamente ao processo desenvolvido e ao produto obtido.

Castelo Branco, 16 de Fevereiro de 1998.

O Director da Escola Superior de Educação
de Castelo Branco

ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO
REPÚBLICA PORTUGUESA
CASTELO BRANCO

Luís Costa

A responsável pelo
Programa de Formação

Maria de Fátima Paixão

QUESTÕES

As questões seguintes não se destinam a avaliação de nenhuma das tuas disciplinas mas a um trabalho de investigação. Responde o melhor que souberes!
Obrigada.

A - Pôs-se um papel dentro de uma campânula fechada (1) e por um processo de radiação incendiou-se o papel (2). Observam-se cinzas no fundo da campânula (3).
Se tivéssemos determinado a massa do conjunto em cada um dos três casos:



(1) (2) (3)

-- O (1) terá a maior massa _____

-- O (2) terá a maior massa _____

-- O (3) terá a maior massa _____

-- A massa será igual nos três casos _____

--Não sei _____

Explica o que aconteceu:

B - Fica sobre a mesa uma quantidade de pó negro de ferro, com massa determinada. Passados alguns dias o ferro transformou-se num pó amarelado que é uma nova substância a que vulgarmente se chama ferrugem. Este pó amarelado:

--- Terá maior massa que o ferro inicial _____

--- Terá massa igual à do ferro inicial _____

--- Terá menor massa que a do ferro inicial _____

--- Não sei _____

Explica o que aconteceu:

ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO CASTELO BRANCO CÓPIA