

11421

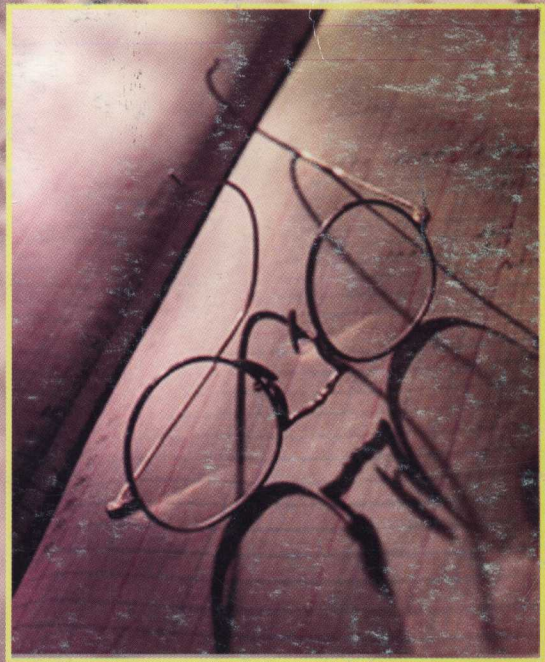
EDUCARE

EDUCERE

Ano IV - Nº 5 - Dezembro de 1998

ISSN nº 0873-0504

DIMENSÕES HISTÓRICAS NA EDUCAÇÃO



Revista da Escola Superior de Educação de Castelo Branco

VALORIZAÇÃO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DA FÍSICA E QUÍMICA: REFLEXÕES EM TORNO DAS PROPOSTAS DO CURRÍCULO DO 8º ANO DE ESCOLARIDADE SOBRE O TEMA "CONSERVAÇÃO DA MASSA NAS REACÇÕES QUÍMICAS"

Maria de Fátima Paixão e António Cachapuz***

RESUMO

Aborda-se a problemática da valorização da História da Ciência no ensino tomando este numa perspectiva de ciência para todos os cidadãos, como se aponta nas orientações gerais da Reforma Curricular e em particular nas finalidades do Programa de Física e Química para o 3º Ciclo do Ensino Básico. É apresentada uma leitura crítica do Documento Oficial sobressaindo a diferença entre os Princípios Orientadores e as Sugestões e Orientações Metodológicas, estas afastadas daqueles. A análise converge para o tema "Conservação da massa nas reacções químicas", pela sua importância como temática de grande valor histórico, epistemológico e educativo. Sugere-se uma possível estratégia de ensino.

1. A VALORIZAÇÃO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA COMO ESTRATÉGIA DE ENSINO

A ciência, como qualquer actividade humana, tem a sua história. Contudo, 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 como a Lei de Newton ou a Lei de Lavoisier... Na revolução curricular da década de 60 a ciência fora pensada à luz dos alunos orientados na perspectiva de "pequenos cientistas", fazendo experiências para "verificar" as grandes teorias. Pequenos fragmentos de história podiam ocasionalmente ser apresentados para dar mais brilho aos cientistas e às suas teorias, um brilho que, contudo, não mostrava nada acerca de como a ciência se desenvolve, nem nada acerca da natureza da ciência e do conhecimento científico. A imagem era a de que alguns génios guiaram a ciência, sem erros, 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 e 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

* Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Castelo Branco

** Departamento de Didáctica e Tecnologia da Universidade de Aveiro

the major achievements of our cultural heritage. Essentially this is the argument that the study of the history of science has intrinsic value in its own right as scientific knowledge as one of the great achievements of humanity - a third culture of equal value to that literacy and numeracy (Brockman 1995 in Monk e Osborne 1997).

De que forma o ensino da História da Ciência persegue os objectivos de uma Educação em Ciência? Quais podem ser esses objectivos? Nas tentativas de resposta por parte de alguns autores não surge a função de ilustração mas são já outros os motivos. Solomon et al (1992) fornece 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, para Matthews (1992), algumas justificações passam por: 1) Motivar e encorajar os alunos; 2) Humanizar o assunto; 3) Promover melhor compreensão dos conceitos científicos dando conta do seu desenvolvimento e refinamento; 4) Valorizar intrinsecamente a compreensão de certos episódios centrais da História da Ciência; 5) Demonstrar que a ciência é mutável e alterável; 6) Combater a ideologia do cientismo; 7) Conduzir a uma melhor compreensão dos métodos científicos...

A situação na qual os indivíduos nem percebem nem compreendem as conexões entre ciência e sociedade é parcialmente devida ao facto de que, na escola, 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).

Uma perspectiva com que concordamos é que é importante para as pessoas compreenderem a ciência como um elemento-chave na história intelectual das realizações da mente humana (Roman 1985). Além disso, estudar a história da ciência, bem como da tecnologia, ajuda a reconhecer factores que influenciam a inovação e a actuar quando se é confrontado com ela. 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.

Num artigo de Matthews (1994a) este autor refere-se à crise contemporânea do ensino das ciências e ao alarmante analfabetismo científico. Para este autor, ensinar a história, filosofia e sociologia da ciência não tem todas as soluções para a crise mas tem algumas respostas, podendo contribuir para uma maior compreensão dos conteúdos científicos e para superar o "mar de sinsentidos" das aulas de ciências em que se recitam fórmulas e equações, mas onde poucos conhecem o seu significado.

A abordagem do processo, preconizada pelos currículos dos 60/70, conduz à imagem 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". E esqueceu 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 esta lhe traz. O estudo das ideias científicas no seu "contexto de descoberta" original ajudará a desenvolver compreensão conceptual nos alunos.

Percebemos, assim, que não é suficiente conhecer a Ciência exclusivamente como um produto ou como um processo. Tem pouco interesse a apresentação e interpretação da evidência como conceitos bem estabelecidos e a-históricos. O conhecimento científico, também, é um produto cultural, contingente e o significado das suas realizações e a compreensão da sua natureza não é possível sem algum conhecimento do seu contexto histórico.

As considerações tecidas apontam para a desadequação da mera autoridade como base para o conhecimento e requer que se incorpore a dimensão histórica e epistemológica no currículo e no ensino da ciência.

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 1994b). No mesmo artigo 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. É neste sentido 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 de académicos. O conhecimento científico, numa visão revolucionária, muda quando os paradigmas dominantes são substituídos e quando novas abordagens dos problemas produzem resultados que os paradigmas dominantes não explicam (Kuhn 1975, Lakatos 1970; Feysabend 1979).

Pressupondo 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, para a capacidade de decisões fundamentadas, podemos pensar que os currículos de ciência devem ter numerosas descrições do desenvolvimento das maiores ideias da ciência e clarificar exemplos das contribuições da ciência e da tecnologia para a sociedade.

Mas apenas colocar história da ciência no currículo não é suficiente. A história da ciência pode ser escrita de muitas maneiras. Bons materiais precisam de ser escolhidos ou escritos. E se bons materiais existissem eles não seriam efectivos sem uma boa estratégia de apresentação.

Investigações mostram que poucos materiais e pouco tempo é devotado a ajudar os alunos a desenvolver uma compreensão ou uma apreciação da história e natureza da ciência e tecnologia (Harms e Yager 1981 in Bybee et al 1991). 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).

Investigação empírica sobre leitura dos currículos por professores revela dificuldades nessa leitura (Paixão e Cachapuz 1998) e estudos conduzidos na sala de aula revelam o pouco ênfase dado à história e natureza da ciência e tecnologia (Praia 1995; Paixão 1998). Os professores dão principal atenção aos factos, métodos, e eventualmente atitudes. Componentes de literacia científica, tais como história e filosofia, não são consideradas.

Na literatura dos anos 90 ainda é apontado que é necessário identificar temas centrais relacionados com a história e 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.

2. O PROGRAMA DO 8º ANO DE ESCOLARIDADE

A grande necessidade de mudança no Sistema Educativo português apontou para uma Reforma Curricular, caracterizada como tendo “grande alcance programático e sentido inovador” (Cunha 1989). 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” (CRSE 1987, 14). Sem dúvida, qualquer educador esperaria ver transvasados para os planos curriculares e para o nível dos programas os referentes teóricos da reforma e as indicações da sua possibilidade de serem vertidos na prática.

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).

2.1. O PROGRAMA DE FÍSICA E QUÍMICA

A análise mais particular que faremos visa o Programa de Físico-Químicas para o 3º Ciclo do Ensino Básico, e é incidente sobretudo na Química de 8º ano de escolaridade. É feita uma análise de conteúdo sobre os textos oficiais (Robson 1993) elegendo como categorias de conteúdo 1- Os Princípios Orientadores (PO) (opções, finalidades, objectivos gerais...) e 2- a Organização do Ensino/aprendizagem (sugestões metodológicas (SM)). É analisada a suposta congruência entre PO e SM, em particular respeitante ao tema seleccionado: “conservação da massa nas reacções químicas”.

A estrutura dos anteriores programas portugueses assenta em legislação dos anos 60, com mutilações e alterações variadas, sofrendo cortes e/ou acréscimos ocasionais. Após uma versão para aplicação em regime de experiência pedagógica que continha o Programa de Físico-Químicas (8º e 9º anos) com a data de Janeiro de 1991, surgiu em Maio de 1995 o definitivo.

Os autores do novo programa apresentam como “opções”:

“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 Física e Química 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 documento, 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, aparentemente, de pendor mais empírico para a imagem da ciência; finalmente, na terceira dimensão, entendida a Física e Química como uma só disciplina, ela deve abranger os conhecimentos provindos de outras áreas.

De entre as finalidades apresentadas, 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 que já não se a entende apenas como um conjunto de conhecimentos definidos e definitivos.

Realçam-se **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 epistemológica que conduzisse ao aparecimento de tais **objectivos** dirigidos para a importância da compreensão da natureza da Ciência e do conhecimento científico, para a compreensão da natureza do trabalho científico, e muito em particular aspectos da História da Ciência, ressaltando a importância da controvérsia no estabelecimento das teorias e ideias científicas, que realçassem a importância da construção de imagens sobre a ciência e a natureza do conhecimento científico epistemologicamente fundamentadas nas filosofias contemporâneas das ciências.

O Programa é do ponto de vista pedagógico, no que respeita aos **Princípios Orientadores** introdutórios, diversificado em indicações respeitantes a aspectos como gestão do tempo, participação dos alunos, trabalho experimental, formas de comunicação, escolha e utilização de materiais de ensino, fornecendo algumas pistas metodológicas interessantes. É nestes pontos que algumas vezes são referidos aspectos actuais da compreensão da aprendizagem dos alunos. Não aponta, contudo, quais os pressupostos educativos explicitando um modelo de ensino-aprendizagem orientador de uma leitura do currículo.

No que diz respeito a **Organização do Ensino Aprendizagem**, afasta-se do sentido inicialmente apontado, e remete agora, em nossa opinião, para uma planificação muito esquemática e linear. A forma assumida conduz, inevitavelmente, a parcelamentos e detalhes, sem fazer sobressair o mais central do acessório e dando ao conhecimento científico um carácter simplistamente cumulativo.

Na proposta de **Organização do Ensino/Aprendizagem**, perdem-se de vista as grandes finalidades, as linhas mestras que eventualmente conduziram à selecção da sequência apresentada, centrando-se no domínio cognitivo e esquecendo a ciência como percurso de uma actividade humana em que o domínio psico-motor e socializante (englobando atitudes, valores, capacidades de expressão, criatividade)... deveria sair reforçado na escolaridade básica, revendo os **objectivos** que largamente têm sido enumerados para este nível. Não há **objectivos** específicos ligados à concepção do trabalho científico, nem ao desenvolvimento de imagens sobre a natureza da ciência, a compreensão da ciência como tarefa iminente 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, com uma história sempre ligada à da humanidade.

Os objectivos gerais anteriormente enunciados não encontram expressão nas actividades propostas... As sugestões metodológicas, em particular no que respeita à Química, parecem antes “prescrições”, e não sugestões de estratégias interessantes, tendo como pano de fundo as finalidades e os objectivos gerais inicialmente enunciados.

É notória a ausência praticamente total de qualquer referência à importância da História da Ciência, no ensino da Ciência. 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. A única situação em que se encontra referência a aspectos históricos é relativamente à “língua química (...) para as designações e símbolos de alguns átomos” com o objectivo de “referir que há razões históricas para a convenção universal dos símbolos químicos” (ibidem, 56).

Apesar de os PO permitirem uma leitura, eventualmente, numa perspectiva mais actual as sugestões metodológicas não parecem articuladas com tais PO e num balanço global podemos dizer que, no Programa, não se atribui valor à génese dos conceitos e do conhecimento, ao contexto da descoberta que acarreta sentido à versão científica actual. Situa-se numa perspectiva 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 Física e Química seriam o espelho mais fiel. Não se consideram os avanços e recuos, aceitação e rejeição, obstáculos e incentivos, ou a problemática social da ciência e valoriza-se, afinal, a acumulação de conhecimentos não controversos, de termos, factos, leis, aplicados em cálculos algorítmicos... Esta é a forma de propagação da imagem de ciência passada para os cidadãos, que com ela convivendo, não admitem nem valorizam essa convivência, de forma pacífica e esclarecida.

2.2. CONSERVAÇÃO DA MASSA NAS REACÇÕES QUÍMICAS - ORIENTAÇÕES DO PROGRAMA E INDICAÇÕES METODOLÓGICAS SOBRE O TEMA

Particularizando a nossa análise para 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 ao tempo de Lavoisier, em que o confronto teórico é fundamental, a proposta que o programa sugere, num trilho instrumentalista que parece caracterizá-lo, é: “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 e que traduziria de forma fiel, a realidade.

O tema em análise 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. Embuída 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. “Prosegue-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 que se escreve no Programa está afastado de uma 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 a 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 que fazemos 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 numa forma muito redutora.

3. O VALOR DE UM TEMA ‘CARREGADO’ DE HISTÓRIA

Razões diversas convergem para a importância atribuída ao tema “conservação da massa nas reacções químicas”. 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. Nas práticas de ensino e nos manuais a incidência vai para uma abordagem fortemente

empirista, a um assunto que pode ser o móbil de uma perspectiva consonante com as filosofias contemporâneas da Ciência. O trabalho experimental habitualmente proposto 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.

A importância educacional do tema radica em vários aspectos, a considerar:

- Trata-se de um tema pré-requisito para toda a compreensão subsequente da Química e daí a sua centralidade no Programa. 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 transformações, 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, como não podem ser ignoradas estas questões no percurso do conhecimento científico nem deixar passar para os alunos uma imagem de construção empírica do edifício da Ciência, como a que geralmente pode ser veiculada por professores cuja tendência dominante tem sido essa (Praia e Cachapuz 1994; 1998).
- 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.).
- Existência de numerosas investigações que apontam para a existência de Concepções Alternativas nos alunos relativamente a este assunto que permanecem ao longo da escolaridade (Hesse & Anderson, 1992; Yarroch, 1985; Oñorbe de Torre y Sanchez Jiménez 1992; Ben-Zvi et al 1987...).
- Valor histórico-cultural da temática pela correspondência a um período da História da Humanidade e da História da Ciência forte de implicações económicas, sociais, políticas, científicas. Após a comemoração dos 200 anos da morte de Lavoisier a literatura disponível sobre este período da HQ aumentou em quantidade e qualidade (por exemplo a História da Química de Bensaude Vincent e Stengers 1996). 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.
- Abundância de 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.

4. UMA PROPOSTA DE ESTRATÉGIA INOVADORA COM RECURSO À HISTÓRIA DA CIÊNCIA

O texto que se apresenta é o elemento central de uma proposta de estratégia com base na HQ. É intencionalmente extenso para permitir ser um documento formativo para o professor e dele se poderem adaptar textos mais curtos para os alunos. Pode ser melhor ilustrado com gravuras das épocas referidas e com os rostos dos muitos cientistas que deram contributos indispensáveis para escrever esta história de ciência.

Texto: Da teoria do flogisto à teoria do oxigénio

No século XVIII a Química estava quase sempre associada à Medicina ou à Farmácia. Assistia-se, contudo, 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 preleções que este, animadamente, dava no Jardin du Roi (Paris).

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. Entre 1772 e 1776 aí conduziu os seus trabalhos e comunicou os primeiros resultados à Academia, inaugurando uma fase de intensa investigação. Em 1777, já se encontrava 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 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 dispender 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 Lucrecio igualmente escreveu que “as coisas não podiam nascer do nada nem acabar no nada”. No século XVII Van Helmont testou a hipótese da conservação da matéria, mas tal conservação parecia não se aplicar às familiares transformações químicas, as combustões. A explicação era dada pela bem aceite teoria do flogisto de Stahl.

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



Stahl

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 do que sabemos ser o seu óxido, ganhava peso, e pensou que os corpúsculos ígneos 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 impasse. 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.

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.

Uma das mais famosas 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 é explicada.

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! 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. Mas Lavoisier não dependia do calórico para explicar os factos das transformações químicas. O calórico não era uma explicação para a combustão. 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. Brillantemente 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, que recebeu uma aragem fresca com a descoberta da composição da água - que ele também reclamou para si - foi, com o trabalho de outros, integrada no novo sistema químico, com novos conceitos e nova linguagem. Este período fértil culminou em 1789 com a publicação do *Traité Élémentaire de Chimie*.



Black



Priestley



Cavendish



Lavoisier

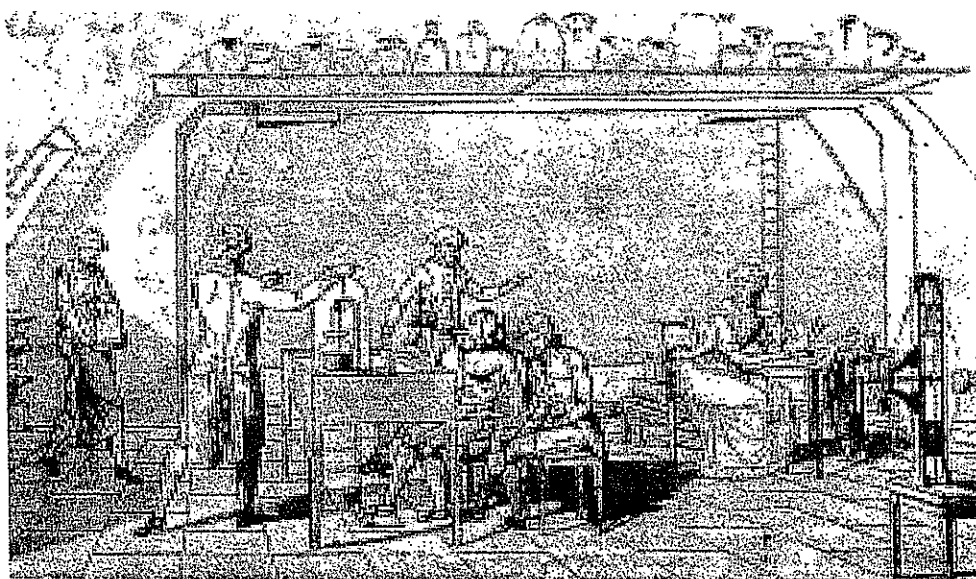
Os estudos de Lavoisier sobre a combustão conduziram-no a formular a lei da conservação da matéria. Se o mercúrio é aquecido no ar, ele oxida-se para formar óxido vermelho de mercúrio. Lavoisier mostrou que é consumido ar quando o mercúrio volta a pó vermelho. Aquecido depois o óxido vermelho de mercúrio 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 o princípio da conservação da massa: "Em todas as operações da natureza e da arte, nada é criado".

Um novo laboratório e uma 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 apoiam-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. 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.



Laboratório de Lavoisier

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 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 dos compostos não reflectiam a sua composição e as designações referiam-se até, por vezes, ao local onde as substâncias se podiam encontrar. Emprega-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*).

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 Universidade 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 endossou 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 rigorosa, 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".

A ESTRATÉGIA

O texto apresentado pretende ser uma forma de "contar" uma história de ciência sobrelevando ingredientes que valorizam a História da Ciência como estratégia de ensino no âmbito da Educação em Ciência preconizada. Com valor de estratégia de ensino, de por si, ou integrado numa planificação mais ampla, o texto sugere algumas questões orientadoras da sua leitura:

Questões orientadoras da leitura do texto

- 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? Indicar aspectos que contribuíram para a implementação da nova teoria. De que recursos se serviu, quando já estava convicto da supremacia da sua teoria sobre a do flogisto "para propagar as novas ideias"?
- 3 - Embora Lavoisier tivesse sido o grande impulsionador, podemos pensar que o desenvolvimento da teoria do Oxigénio é devida exclusivamente a Lavoisier?
- 4 - O texto fala da descoberta da substância química - Oxigénio. A quem se atribui tal descoberta? Justificar.
- 5 - Que aspectos deve ter uma teoria nova sobre a teoria anterior que é substituída?

- Ilustrar com o caso das duas em confronto.
- 6- Os instrumentos e as técnicas foram decisivas para o êxito da nova teoria do Oxigénio. Explicar porquê.
 - 7- 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? Justificar.
 - 8- A experiência é um meio muito importante para a investigação científica. Que observação experimental reforçou a teoria do oxigénio para as combustões, que permitiu a consolidação da Lei da conservação da massa?
 - 9- Terá ficado definitivamente estabelecida uma teoria explicativa das combustões? Porquê?
 - 10- Como é que se fazia a comunicação entre cientistas no século XVIII? Referir 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?
 - 11- Lavoisier foi um grande cientista mas não trabalhou isoladamente. Nomeadamente a sua esposa estava sempre presente no laboratório. Que contribuições advêm dos seus colaboradores?

Podem ainda seguir-se algumas actividades complementares que ampliam o valor educativo do tema, de encontro às Finalidades mais gerais do Programa para a escolaridade básica, na perspectiva da ciência como cultura.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARES

- 1- Fazer uma pesquisa Bibliográfica para ampliar os conhecimentos sobre Lavoisier, a sua vida e a sua obra, no seu tempo. Pode fazer-se 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. Imaginar um diálogo entre Lavoisier e um ou mais membros da Academia das Ciências de Paris. Pode fazer-se dramatização, escolhendo algum elemento de caracterização para as personagens.

5. CONCLUSÕES

Da análise efectuada sobre o Programa de FQ sobressai que aspectos relacionados com posicionamentos epistemológicos não são apontados nos Princípios Orientadores do documento. 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 alguns 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. Faltam considerações explícitas de 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. O programa deixa, contudo, margem de liberdade criativa ao

professor, em consonância com indicações mais latas das orientações curriculares gerais, podendo considerar-se o Programa apelador de um ensino inovador balizado pelas investigações educacionais no domínio da Didáctica das Ciências, Física e Química, pelo que, propostas de planificação consonantes com perspectivas epistemologicamente fundamentadas, podem ser claramente admitidas pelo Documento oficial orientador da prática dos professores.

Na sequência da análise das Propostas de Organização do Ensino há necessidade da reescrita do Programa pelo professor aquando, ou após, a preparação científica e epistemológica da matéria a ensinar, conducente a uma fundamentação das decisões da perspectiva de abordagem, sendo possível reestruturar 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 reescrita do Programa, que o próprio documento legitima, faz parte do papel activo de ser Professor. 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 longe de constituir uma "sugestão interessante".

A história da ciência precisa de ter um lugar nos programas escolares e ser incluída nas práticas. As reflexões feitas e as considerações sobre o valor educacional do tema apresentado constituem, do nosso ponto de vista, um desafio em várias frentes: 1) necessidade de mais investigação, fazendo a transposição da história e Filosofia da Ciência para a Didáctica. Significa mais propostas no âmbito do levantamento de temáticas interessantes e na apresentação de sugestões didácticas articuladas com a investigação em Educação em Ciência; 2) necessidade de proceder a alterações do currículo, no sentido de dar espaço e tempo a temáticas centrais como a que considerámos nesta reflexão; 3) em particular, dar atenção à formação de professores, inicial e contínua, como aposta principal para uma mudança de rumo no ensino das ciências, na consideração de uma perspectiva de ciência como educação para os cidadãos que a reconheçam como processo e produto cultural, em que o objecto de conhecimento é um mundo real que é subjectivo e que para tal é imprescindível o conhecimento dos contextos históricos do seu desenvolvimento como saber humanizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

- Ben-Zvi, R.; Eylon, B. & Silberstein, J. (1987). Students' visualisation of a chemical reaction. *Education in Chemistry*, 24, 117-120.
- Bensaude-Vincent, B. & Stengers, I. (1996). *História da Química*. Lisboa: Instituto Piaget.
- 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.
- CRSE (1987). Documentos Preparatórios I. Lisboa: GEP, Ministério da Educação.
- Cunha, P. d'O. (1989). O que é a reforma educativa. *GEP Educação*, 2.
- Feyerabend, P.K. (1979). *Contre la méthode*. Paris: Éditions du Seuil.
- Hesse, III, J.J.; Anderson, C.W. (1992). Students' conceptions of chemical change. *Journal of Research in*

- Science Teaching*, 29(3), 277-299.
- Kuhn, T.S. (1975). *La Estructura de las revoluciones científicas*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- 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.
- Mathews, M.R. (1994b). *Science teaching. The role of history and philosophy of science*. New York & London: Routledge.
- Mathews, M.R. (1994a). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 255-277.
- Mathews, M.R. (1992). History, philosophy and science teaching: The present rapprochement. *Science & Education*, 1, 11-47.
- 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.
- 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.
- Paixão, M.F. & Cachapuz, A.F. (1998). Dimensión epistemológica de los programas de física y química e implicaciones en las prácticas de enseñanza: qué lectura hacen los profesores? In Banet, E. & Pro, A. (Coords.) *Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias*. Murcia: Centro del Livro.
- Paixão, M.F. (1998). *Da construção do conhecimento didáctico na formação de professores de ciências. Conservação da massa nas reacções químicas: Estudo de índole epistemológica*. Dissertação de Doutoramento apresentada à Universidade de Aveiro.
- Praia, J.F. & Cachapuz, A.F. (1994). Para uma reflexão em torno das concepções epistemológicas dos professores de ciências, ensino básico (3º Ciclo) e secundário: um estudo empírico. *Revista Portuguesa de Educação*, 7(1/2), 37-47.
- Praia, J. & Cachapuz, A. (1998). Concepções epistemológicas dos professores portugueses sobre o trabalho experimental. *Revista Portuguesa de Educação*, 11(1), 71-85.
- 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 dominio de la historia de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 3(3), 249-250.
- Solomon, J. (1991). Teaching about the nature of science in the British National Curriculum. *Science Education*, 75(1), 95-103.
- 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.
- Yarroch, W.L. (1985). Student understanding of chemical equation balancing. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(5), 449-459.