



Mudanças na Prática de Ensino da Química pela Formação dos Professores em História e Filosofia das Ciências

Fátima Paixão e António Cachapuz

Neste artigo relata-se uma pesquisa centrada em um programa de formação de professores baseado na História e Filosofia da Ciência com vista ao desenvolvimento de práticas de ensino da Química mais inovadoras. Enfatiza-se o próprio programa de formação, desenvolvido em três fases articuladas, e dá-se conta da evolução ocorrida nas práticas dos professores participantes.

► História e Filosofia da Ciência, formação de professores, ensino da Química ◀

Recebido em 5/12/02, aceito em 24/10/03

A Ciência pode ser tomada como uma forma de dar sentido ao mundo natural e tecnológico, ao mesmo tempo tendo em mente a construção da cidadania responsável.

A nova perspectiva da Filosofia da Ciência opõe-se à ideia da existência de uma colecção objectiva de dados que pode ser procurada no mundo real. Kuhn e os pós-kuhnianos contribuíram para a revolução na filosofia empirista e indutivista da Ciência, passando dos modelos lógicos para os modelos históricos e sociológicos e valorizando os contextos de produção da ciência e não apenas os contextos de justificação. Esta nova orientação, de sentido marcadamente externalista, é geralmente chamada Nova Filosofia da Ciência (NFC).

Na convicção de que a Educação em Ciência deve contribuir para formar cidadãos mais cultos, mais informados e mais críticos, a sua finalidade deve ser ensinar alguma coisa acerca do corpo de conhecimentos da Ciência, alguma coisa acerca dos processos pelos quais o

conhecimento científico é produzido e alguma coisa acerca das relações sociais e tecnológicas da Ciência (Millar, 1996).

Fazendo uma revisão de considerações de diversos autores (Aikenhead 1985; Nielsen e Thomsen 1990; Paixão 1998, Cachapuz *et al.*, 2000), três aspectos podem ser apontados nas novas perspectivas da Didáctica das Ciências fundamentada na NFC:

1. O uso da História da Ciência (HC) como uma forma de apresentar a Ciência como actividade humana com forte sentido cultural, so-

cial e ético e amplamente influenciada pelo contexto e pelo percurso, contrariando uma mera descrição e enumeração de descobertas feitas por cientistas isolados e endeusados ou então nem referidos.

2. Novas orientações para o trabalho experimental, trabalho de cam-

po e resolução de problemas, agora vistos como instrumentos para a mudança epistemológica e metodológica que tem que acompanhar a mudança conceptual. Não se pode, pois, considerar simplesmente a sua exploração meramente de índole instrumental. Trata-se, por exemplo, de

valorizar o papel da experiência nos processos de elaboração do pensamento científico, elevando-o à categoria de processo de natureza social, técnica e cognitiva (Giordan, 1999).

3. A consideração das inter-relações Ciência, Tecnologia e

Sociedade (CTS) em que a construção do conhecimento científico se associa à resolução de situações problemáticas relevantes e interessantes para os alunos, assumindo que a Ciência e a Tecnologia, em profunda inter-relação, não são actividades ou conhecimentos neutros, mas estão carregados de ideologia e de implicações sociais. Muitos investigadores têm vindo a mostrar o valor de uma tal abordagem no âmbito do ensino

Kuhn e os pós-kuhnianos contribuíram para a revolução na filosofia empirista e indutivista da Ciência, passando dos modelos lógicos para os modelos históricos e sociológicos e valorizando os contextos de produção da ciência e não apenas os contextos de justificação

A seção "Pesquisa no Ensino de Química" inclui investigações sobre problemas no ensino de Química, com explicitação dos fundamentos teóricos e procedimentos metodológicos adotados na análise de resultados. Neste número a seção apresenta dois artigos.

das matérias científicas (Acevedo, 1997; Caamaño e Vilches, 2001; Martins, 2002, entre outros).

Como sobressai de Santos e Schnezler (1997), o ensino da Química (como o das outras Ciências), deve estar centrado na inter-relação de dois componentes básicos: o conhecimento químico e o contexto social. Muitos autores (por exemplo Lederman, 1992; Gil-Pérez, 1993 e 1996; Monk e Osborne 1997; Paixão e Cachapuz, 2000) consideram que as novas e verdadeiras dificuldades detectadas são devidas a uma insuficiente consideração da natureza da Ciência nas estratégias de ensino, pelo que é necessária uma maior atenção aos possíveis contributos da Filosofia da Ciência para o ensino da Ciência. Diversos estudos estimulam a investigação dirigida para o aprofundamento da análise do trabalho do professor tendo em conta as suas imagens acerca da Ciência, o modo como essas imagens afectam o seu ensino e de como adequar o ensino às novas exigências. É unânime a ideia de que são necessárias propostas concretas com vista à reorientação das práticas de ensino. Porlán (1998) prognostica o futuro desenvolvimento da Didáctica das Ciências em direcção ao desenvolvimento de uma nova teoria do conhecimento profissional e das estratégias que ajudem na sua construção e ainda a necessidade de conceber e experimentar propostas de formação de professores que promovam e apoiem inovações curriculares. Esta mesma preocupação é desenvolvida por Chassot (2000) no quadro da alfabetização científica.

Deste modo a investigação que conduzimos tinha como hipótese orientadora que as práticas de ensino dos professores são essencialmente guiadas por preocupações de natureza pedagógica e que estão afastadas de preocupações epistemológicas a que nos referimos atrás. Por outro lado, tomámos igualmente como hipótese que fazer formação de professores

O ensino da Química (como o das outras Ciências), deve estar centrado na inter-relação de dois componentes básicos: o conhecimento químico e o contexto social

baseada na reflexão epistemológica de um tema concreto resulta na melhoria substancial do desempenho profissional e que, desse modo, as imagens sobre Ciência passadas na sala de aula se aproximam mais da perspectiva da NFC. Em recente simpósio (10th IOSTE, Brasil) foi já apresentada uma análise detalhada de um modelo de formação de professores concebido e implementado (Cachapuz e Paixão, 2002). Apresentamos agora um estudo centrado na análise crítica do desempenho dos professores no enquadramento desse modelo, resultados obtidos e suas implicações para a formação de professores.

Metodologia

A investigação no âmbito do ensino das Ciências tem tido uma reduzida influência nas práticas dos professores. Tal constatação levou-nos a considerar que a investigação tem que articular-se com a formação e esta tem que ser relevante para o professor, isto é, deve apoiar-se em aspectos concretos e significativos no âmbito da sua prática.

Assim, escolheu-se um tema curricularmente relevante, que constituísse desafio para os professores, como suporte da formação: “conservação da massa nas reacções químicas”.

Tradicionalmente, os professores referem que se trata de um assunto simples e que os seus alunos o compreendem bem, talvez porque considerem apenas o assunto como suporte do acerto de equações e das relações ponderais nas reacções químicas. Contudo, a literatura aponta a existência de numerosas dificuldades conceptuais nos alunos e que permanecem ao longo da escolaridade (Yarroch, 1985; Meheut *et al.*, 1985; Mortimer e Miran-

da, 1995). Ao mesmo tempo, de um ponto de vista epistemológico, o estudo da controvérsia que acompanhou o estabelecimento de uma teoria geral para as reacções químicas, em oposição à teoria do flogisto, não pode ser subestimado.

Tal controvérsia em redor da interpretação da combustão traduz a inter-relação estreita entre a alteração de paradigma científico e o envolvente histórico e cultural do período da Revolução Francesa, com todas as alterações e implicações sociais, políticas e económicas que lhe conferem o estatuto

de revolução. Lavoisier foi afinal um polémico e polifacetado homem do seu tempo, ligando diferentes actividades como director da fábrica da pólvora, homem de leis e químico. Destaca-se ainda a importância do tema no contexto social e tecnológico actual, em relação a aspectos sobre os quais os alunos devem construir opiniões fundamentadas e críticas. Por exemplo, discute-se, e está longe da resolução, a utilização em Portugal, de processos de co-incineração de resíduos tóxicos em fábricas de cimento, aspectos directamente relacionados com as reacções de combustão.

Programa de formação de professores

Depois da análise do programa curricular em vigor em Portugal, podemos dizer que o tema é considerado central e relevante, apesar de as propostas serem extremamente limitadas. Tal aspecto reforça a convicção da necessidade de formação de professores no sentido da valorização de temas epistemologicamente relevantes.

O Quadro 1 sintetiza o programa de formação de professores envolvendo três fases articuladas.

Primeira fase

Construiu-se e validou-se um instrumento de análise que tinha como

A investigação no âmbito do ensino das Ciências tem tido uma reduzida influência nas práticas dos professores. Tal constatação levou-nos a considerar que a investigação tem que articular-se com a formação e esta tem que ser relevante para o professor

Quadro 1: Programa de formação de professores (síntese)

1ª fase Caracterização do ponto de partida	2ª fase Planeamento da mudança	3ª fase Inovação
<ul style="list-style-type: none"> • Selecção de tema epistemologicamente relevante • Quadro teórico • Videogravação das práticas de ensino 	<ul style="list-style-type: none"> • Planificação do tema concreto seleccionado que inclui formação em Filosofia da Ciência, História da Ciência, trabalho experimental e inter-relação CTS como dimensões relevantes no ensino da Ciência • Análise crítica do ensino (1ª fase) do professor com referência ao quadro teórico 	<ul style="list-style-type: none"> • Videogravação das práticas de ensino planeadas • Análise do ensino com referência ao quadro teórico e ao ensino anterior • Avaliação formativa do professor, do trabalho desenvolvido, e das atitudes e opiniões dos alunos
Tempo: 1 ano	Tempo: 1,5 anos	Tempo: 1 ano

quadro de referência a NFC (Quadro 2) e em que as categorias de análise englobam dimensões relevantes para um debate da Epistemologia da Ciência como fundamentação da Didáctica das Ciências. Os indicadores, dos quais se apontam alguns exemplos, propõem-se caracterizar as categorias e as dimensões de análise, fazendo a transposição do ponto de vista epistemológico para o didáctico (Paixão e Cachapuz, 2000).

Videogravou-se e analisou-se o

ensino habitual de quatro professores participantes, relativamente ao tema escolhido, de acordo com uma metodologia naturalista.

Além da caracterização das perspectivas epistemológicas subjacentes às práticas de ensino, esta primeira fase pretendeu realçar as dificuldades que os professores enfrentam nas suas aulas para que estes criassem consciência da necessidade de formação na dimensão epistemológica, permitindo, ao mesmo tempo, avaliar a evolução dos dois profes-

sores colaboradores que participaram nas fases seguintes do estudo.

Segunda fase

As sessões de formação iniciaram-se com um seminário em que participaram os professores colaboradores. Estes dois professores tinham formação e tempo de serviço diferentes (sendo a professora A com formação em Química com 9 anos de serviço e a professora B com formação em Física e Química e 20 anos

Quadro 2: Instrumento de análise das práticas de ensino

		Dimensões de análise	Indicadores didácticos (exemplos)
Categorias epistemológicas	I - Metodologia científica	A – Pluralismo metodológico	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)
		B – Relação teoria/ observação / experimentação	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
	II – Dinâmica da construção do conhecimento científico	C – Contexto e estrutura da descoberta	Actividades explorando controvérsias reveladoras da não linearidade da construção do conhecimento em Ciência – recurso a textos, recortes de jornal, dramatização etc. e a episódios da História da Ciência
		D – Dinâmica erro / verdade	Valorizar e explorar intencionalmente o(s) erro(s) dos alunos (identificação de concepções alternativas, discussão de resultados discrepantes ou anómalos de experiências)
	III – Face humana e social da Ciência	E – Imagem dos cientistas e da comunidade científica	Evitar estereótipos relativamente à imagem dos cientistas e ultrapassar a visão exclusivamente gloriosa e heróica e/ou a ideia de total isenção e objectividade da comunidade científica (por exemplo, pelo recurso à História da Ciência)
		F – Relações Ciência, tecnologia e sociedade	Debates intencionais, ou em resposta a solicitações dos alunos, sobre questões que podem ser levantadas pela ciência, mostrando as implicações com a tecnologia e com a sociedade

de serviço) e leccionavam em escolas geograficamente afastadas. Nenhuma delas tinha anterior formação em História e Filosofia das Ciências. Forneceu-se documentação actualizada em relação à História e Filosofia da Ciência e à História da Química, que foi analisada e discutida à medida que professores e investigadores iam trabalhando sobre uma proposta concreta de planificação do tema escolhido. Planificou-se uma sequência de oito aulas. Construíram-se materiais didácticos que poderiam ser utilizados nas aulas, embora cada professor pudesse fazer adaptações para os seus alunos, em particular: cinco fichas de trabalho experimental e cinco textos de apoio com base na História da Química. As fichas de trabalho experimental incluíam a combustão do álcool, algodão e palha de aço em sistema aberto, combustões em sistemas fechados e, ainda, situações para testar a conservação da massa em diferentes reacções químicas. Discutiram-se as estratégias e as actividades a explorar na prática de ensino, apoiadas pela reflexão sobre as aulas video-gravadas durante a primeira fase.

Terceira fase

Nesta fase os professores já

tinham formação didáctica acrescida em que a componente da História e Filosofia da Ciência foi valorizada, para implementarem uma prática de ensino orientada pela planificação realizada. De forma semelhante à primeira fase, as aulas foram videogravadas, transcritas e analisadas. Os professores tiveram acesso às videogravações e posteriormente às análises feitas pelos investigadores. Foram ainda conduzidas entrevistas com os professores e com grupos de alunos. Deste modo, foi feita avaliação interna do percurso, cruzando as opiniões dos investigadores, dos professores intervenientes e ainda dos alunos.

Resultados

Sintetizamos nos Quadros 3 a 5 alguns aspectos mais relevantes da evolução das práticas de ensino das duas professoras participantes na segunda fase do estudo, com base nas categorias do instrumento de análise.

Reflexão final e conclusões

Na primeira fase, como na terceira, os perfis de cada uma das professoras apresentam diferenças individuais que caracterizam os seus pró-

prios modos pessoais e de estar na profissão. Contudo, no que respeita ao perfil epistemológico, que o quadro de análise faz sobressair, podemos apontar os aspectos que caracterizam a prática de ensino das duas professoras, antes e depois da formação, relevando alguns aspectos comuns. Na

primeira fase do estudo o perfil comum das duas professoras mostra um realismo ingénuo, visão marcadamente empirista de valorização da observação e da experimentação. É passada uma imagem de Ciência neutra, dogmática, linear, sem estrutura e sem história e o conhecimento científico como verdadeiro, terminado, não problemático. As preocupações das professoras centram-se no aspecto pedagógico da ordem e disciplina na sala de aula e das questões que clarificam o assunto, na linha pretendida.

Na terceira fase, após a formação, concluímos que se avançou para uma imagem de tendência mais racionalista do papel e do valor da teoria, da previsão e da experiência, ou seja, realça-se o processo de construção do conhecimento científico e valoriza-se a HC e a interde-

Após a formação, os professores avançaram para uma imagem de tendência mais racionalista do papel e do valor da teoria, da previsão e da experiência

Quadro 3: Síntese da evolução nas práticas de ensino dos professores – Metodologia científica

Metodologia científica		
	Antes	Depois
Professor A	<ul style="list-style-type: none"> Linearidade dos percursos de acção propostos, começando pela observação Ausência de questões problematizadoras Relatórios descritivos organizados de modo fechado 	<ul style="list-style-type: none"> No trabalho experimental existiram sempre questões orientadoras que funcionavam como guias para as actividades a desenvolver A teoria serviu como orientação para a experiência Paralelo entre a metodologia e o contexto histórico Abundante referência feita ao modo de trabalho dos cientistas e da comunidade científica É sempre exigida uma interpretação crítica dos resultados obtidos A imagem da ciência é associada a uma perspectiva racionalista
Professor B	<ul style="list-style-type: none"> Percurso rígido, dogmatismo metodológico; não referência a aspectos de metodologia de investigação Importância dada à regra, posições indutivistas em um percurso que vai do particular para a generalização Valorização da observação independente da teoria 	<ul style="list-style-type: none"> Variedade de tarefas propostas e de actividades complementares Nas situações de trabalho experimental, os percursos e os processos são clarificados Os relatórios são elaborados numa perspectiva crítica Referências a aspectos correntes de investigação e aos contextos históricos O assunto não é tratado de modo linear Realçada a necessidade de teorias científicas para interpretar os fenómenos

Quadro 4: Síntese da evolução nas práticas de ensino dos professores – Dinâmica da construção do conhecimento

Dinâmica da construção do conhecimento científico

	Antes	Depois
Professor A	<ul style="list-style-type: none">• Valorização das definições e do conhecimento factual da Ciência• Conhecimento apresentado como estático e cumulativo, sem estrutura para a descoberta e a-histórico• O objective é sempre “obter respostas correctas”• Não percepção das concepções iniciais dos alunos• Posição de simples realismo ingénuo	<ul style="list-style-type: none">• A importância da História da Ciência é evidenciada e o processo de construção do conhecimento científico é valorizado• Os recursos usados são justificados pelo paralelo com a História da Ciência• Faltou alguma contextualização social, económica e cultural do tempo de Lavoisier, sobressaindo uma perspectiva de pendor internalista• Imagem da validade temporária de uma teoria para interpretar fenómenos e para providenciar soluções para os problemas• Valorização de opiniões divergentes dos alunos• Os problemas e as conclusões do trabalho experimental são discutidos e clarificados
Professor B	<ul style="list-style-type: none">• Não contextualização das teorias apresentadas• Referências isoladas à História da Ciência, para os modelos atómicos, mas com papel ilustrativo• Os percursos de construção do conhecimento científico são ignorados• É apresentada uma visão dogmática do conhecimento científico• As respostas “incorrectas” são ignoradas• Não ocorrem situações de previsão ou de questionamento	<ul style="list-style-type: none">• A importância da História da Ciência é realçada e o percurso da construção do conhecimento científico é valorizado• São introduzidos aspectos biográficos e de contexto• É realçada a validade temporária de uma teoria• As concepções alternativas dos alunos que afloram na aula são consideradas• O erro é considerado como normal no progresso científico• Desvalorização da perspectiva de realismo ingénuo

pendência CTS. Podemos, pois, considerar uma evolução da perspectiva realista ingénua para um realismo mais crítico e contextual. Ao mesmo tempo houve uma evolução a nível da própria organização do processo ensino/aprendizagem.

Os desafios essenciais que este estudo coloca referem-se à formação

de professores, que tem que articular temas concretos com a reflexão epistemológica. Os professores e alunos participantes foram unânimes a afirmar o valor formativo do processo.

Como referiram as professoras:

- *Os alunos estão habituados a que as coisas lhes apareçam*

cozinhas, já feitas... e não imaginam o trabalho que aquilo deu até chegar ali... Certamente vão valorizar muito mais a Ciência se virem qual foi a evolução ao longo dos anos. E acho muito importante essa contextualização da Ciência, a História da Ciência. Quanto ao

Quadro 5: Síntese da evolução nas práticas de ensino dos professores – Face humana e social da Ciência

Face humana e social da Ciência

	Antes	Depois
Professor A	<ul style="list-style-type: none">• Excessiva valorização dos cientistas• Importância à comunicação de resultados, mas afastada da discussão e controvérsia• Imagem dos químicos “misturando substâncias”• Exemplos frequentes da relação entre a Química e o ambiente, mas em uma perspectiva ilustrativa	<ul style="list-style-type: none">• Referências aos cientistas e às comunidades científicas, como colectivos• Promoção da discussão entre alunos comparada com a controvérsia ao tempo de Lavoisier• Referência ao valor social do conhecimento científico e à necessidade da compreensão pública acerca deste conhecimento• As inter-relações CTS são realçadas no âmbito do estabelecimento da teoria do oxigénio e das suas implicações subsequentes
Professor B	<ul style="list-style-type: none">• Nenhuma referência é feita a cientistas ou a comunidades científicas e ao seu trabalho• Imagem do conhecimento científico como aproblemático, definitivo, sem face humana e social• Não exploração do tema em contexto CTS• Implicações ambientais e políticas na Ciência e Tecnologia, ou vice-versa, não são consideradas	<ul style="list-style-type: none">• São encorajadas discussões entre alunos com diferentes ideias• É passada a ideia da necessidade de reconhecimento social do trabalho dos cientistas na construção do conhecimento científico• É considerada a contribuição de vários colaboradores para o trabalho desenvolvido por Lavoisier• A introdução e desenvolvimento do tema são feitos em uma perspectiva CTS evidenciando aspectos interrelacionados

trabalho experimental acho importantíssimo.

- Consegui manter o interesse deles em textos que eles têm dificuldade no aspecto que eles são bastante fracos... e eu fiquei surpreendida...

Os alunos também apreciaram a forma diferente:

- E assim fomos evoluindo, pronto, fomos acompanhando e foi mais fácil (...). 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.

Para um ensino na perspectiva da Ciência para todos os cidadãos devemos ser selectivos no que são temáticas particularmente interessantes para os alunos. Pesquisas desta natureza podem, por um lado, fornecer estratégias e materiais didácticos validados e, por outro, contribuir para a organização de um corpus de estudos críticos que podem ser utilizados na formação de professores, implicando e valorizando a pesquisa. Tal aspecto é, necessa-

riamente, o caminho do futuro na formação. Ao mesmo tempo pensamos que podem constituir um incentivo a que os professores façam uma reflexão mais aprofundada sobre o valor da História e Filosofia das Ciências para a compreensão da natureza da Ciência e do conhecimento científico indispensável para a fundamentação do ensino na perspectiva da literacia científica.

Fátima Paixão (fatimapaixao@ese.ipcb.pt), doutora em Didáctica, é docente do Instituto Politécnico de Castelo Branco, em Portugal. **António Cachapuz** (cachapuz@dte.ua.pt), doutor em Química e Educação em Química, é docente da Universidade de Aveiro, em Portugal.

Referências bibliográficas

ACEVEDO, J.A. Ciencia, tecnología y sociedad (CTS). Un enfoque innovador para la enseñanza de las ciencias. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, n. 10, p. 269-275, 1997.

AIKENHEAD, G.S. Collective decision making in the social context of science. *Science Education*, v. 69, p. 453-475, 1985.

CAAMAÑO, A. e VILCHES, A. La alfabetización científica y la educación CTS: un elemento esencial de la cultura de nuestro tiempo. *Enseñanza de las Ciencias*, n. 1 extra, tomo 2 (VI Congreso), p. 21-22, 2001.

CACHAPUZ, A.F. e PAIXÃO, F. Placing the history and the philosophy of science on teacher education. Em: BIZZO, N.; KAWASAKI, C.S.; FERRACIOLI, L. e ROSA, V.L. (Eds.). *Proceedings of the 10th Symposium of the International Organization for Science and Technology Education (IOSTE)*. Foz do Iguaçu (Brasil), 2002. v. 1, p. 10-19.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. e JORGE, M. Reflexão em torno de perspectivas do ensino das Ciências: contributos para uma nova orientação curricular - Ensino por pesquisa. *Revista de Educação*, v. 9, p. 69-79, 2000.

CHASSOT, A. *Alfabetização científica. Questões e desafios para a educação*. Ijuí: Editora Unijuí, 2000.

GIL-PÉREZ, D. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación.

Enseñanza de las Ciencias, v. 11, p. 197-212, 1993.

GIL-PÉREZ, D. New trends in science education. *International Journal of Science Education*, v. 18, p. 889-901, 1996.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de Ciências. *Química Nova na Escola*, n. 10, p. 43-49, 1999.

LEDERMAN, N.G. Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 26, p. 331-359, 1992.

MARTINS, I.P. Problemas e perspectivas sobre a integração CTS no sistema educativo português. *Revista Electronica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 1, n. 1, 2002.

MEHEUT, M.; SALTIEL, E. e TIBERGHIEN, A. Pupils' (11-12 years old) conceptions of combustion. *European Journal of Science Education*, v. 7, p. 83-93, 1985.

MILLAR, R. Towards a science curriculum for public understanding. *School Science Review*, v. 77, p. 23-32, 1996.

MONK, M. e OSBORNE, J. Placing the history and philosophy of science on the curriculum: a model for the development of pedagogy. *Science Education*, v. 81, p. 405-423, 1997.

MORTIMER, E.F. e MIRANDA, L.C. Concepções dos estudantes sobre reacções químicas. *Química Nova na Escola*, n. 2, p. 23-26, 1995.

NIELSEN, H. e THOMSEN, P.V. The incorporation of history and Philosophy of science in physics education in Denmark. *The Australian Science Teachers Journal*, v. 36, p. 27-33, 1990.

PAIXÃO, M.F. *Da construção do conhecimento didáctico na formação de professores de Ciências. Conservação da massa nas reacções químicas: um estudo de índole epistemológica*. Aveiro: Universidade de Aveiro (dissertação de doutoramento), 1998.

PAIXÃO, M.F. e CACHAPUZ, A. Mass conservation in chemical reactions: the development of an innovative teaching strategy based on the history and philosophy of science. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, v. 1, p. 201-215, 2000.

PORLÁN, R.A. Pasado, presente y futuro de la Didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 16, p. 175-185, 1998.

SANTOS, W.L.P. e SCHNETZLER, R.P. *Educação em Química. Compromisso com a Cidadania*. Ijuí: Editora Unijuí, 1997.

YARROCH, W.L. Students understanding of chemical equation balancing. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 22, p. 449-459, 1985.

Para saber mais

BENSAUDE-V, B. e STENGERS, I. *História da Química*. Trad. R. Gouveia. Lisboa: Instituto Piaget, 1996.

ECHEVERRIA, J. *Introducción a la metodología de la Ciencia. La filosofía de la Ciencia en el siglo XX*. Barcelona: Cátedra, 1999.

MARCO, B.; GONZALEZ, A. e SIMO, A. *La perspectiva histórica en el aprendizaje de las Ciencias*. Madrid: Narcea, 1986.

Abstract: *Changes in the Practice of Chemistry Teaching by Education of the Teachers in History and Philosophy of Science* – In this article a research study centered on a teacher-education programme based on the history and philosophy of science aiming at the development of innovative chemistry teaching practices is presented. Emphasis is put on the education programme that was developed in three articulated phases as well as on the consequent evolution in the practices of the participating teachers.

Keywords: history and philosophy of science, teacher education, chemistry teaching