

**UMA VISÃO SOBRE O ENSINO DAS CIÊNCIAS
NO PÓS-MUDANÇA CONCEPTUAL:
Contributos para a formação de professores⁽¹⁾**

ANTÓNIO CACHAPUZ

Departamento de Didácticas e Tecnologia Educativa da Universidade de Aveiro

JOÃO PRAIA

Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

FÁTIMA PAIXÃO

Escola Superior de Educação de Castelo Branco

ISABEL MARTINS

Departamento de Didácticas e Tecnologia Educativa da Universidade de Aveiro

O trabalho começa por reflectir criticamente sobre o *movimento das concepções alternativas*, bem como referir limitações dos modelos de mudança conceptual. Procuramos apresentar uma outra visão, porventura decorrente das críticas enunciadas, e desenvolver algumas ideias em torno de uma visão externalista de ciência, sugerindo uma perspectiva de ensino aqui designada por *trabalho científico*. A unidade investigação-inovação-formação será a ponte e fará a articulação com o desenvolvimento de três projectos de investigação levados a cabo, que sumariamente se descrevem. Deles, retirámos incidências e ensinamentos para a formação de professores, que se apresentam em suporte de novas orientações e também de sugestões para a referida formação.

Uma visão prospectiva

O que se pretende com o presente trabalho é reflectir sobre um novo enquadramento para o ensino das ciências, que aqui designamos por *pós-mudança conceptual*, bem como sobre condições de mudança ao nível da Formação de Professores. Significa que, passados cerca de 15 anos de investigação didáctica em torno da problemática da Mudança Conceptual (MC), estamos supostamente em condições de criticamente desenvolvermos algumas ideias em torno de tal enquadramento, das suas limitações e das alternativas que se abrem para uma nova perspectiva no ensino das ciências.

O Movimento das Concepções Alternativas, matriz histórica de perspectivas MC, ao questionar a Aprendizagem por Descoberta, desloca o seu olhar para um confronto de ideias com ideias, abandonando um empirismo ingénuo, que faz da observação o seu ponto de partida – ilusório – e a sua pedra de toque na construção dos conceitos. Tal ilusão fomenta nos alunos uma outra ilusão – a ilusão da descoberta. Por outro lado, a valorização da construção do conhecimento pelo

aluno, já não considerado como sujeito epistémico, mas como sujeito idiossincrático, inserido em situações contextuais concretas, transportando informação e saberes a ter em conta e valorizados, passa a ser crucial para a aprendizagem do sujeito, cabendo-lhe uma responsabilidade acrescida, cujo envolvimento cognitivo e atitudinal é indispensável para a mudança de ideias através de (re)construções sucessivas.

Este quadro, em ruptura com uma visão aquisitiva do conhecimento, não deixa de valorizar, de forma quase total, os conceitos e a sua aprendizagem. Diríamos que esta orientação construtivista se pode tornar, para muitos alunos, social e educacionalmente contrária aos objectivos a perseguir, já que as suas dificuldades de aprendizagem, associadas a uma maior exigência conceptual, podem trazer-lhes mais dificuldades ou mesmo insucesso. Muitos deles, já de si possuidores de grandes dificuldades cognitivas, podem ser arrastados pela desmotivação e insegurança, o que os leva a desenvolver resistências, que se traduzem em dificuldades cognitivas acrescidas. Talvez por isso é que a *problemática das concepções alternativas* não deixou marcas nas escolas e que os professores, salvo raras excepções, não a adoptaram como sua para transformar práticas e, sobretudo, atitudes em relação às questões da aprendizagem e do sucesso escolar em ciências.

A sobrevalorização dos conteúdos científicos, considerados mais como fins de ensino e não tanto como meios instrucionais, para, a partir deles, se atingirem metas educacionais e socialmente relevantes, é um ponto-chave desta crítica. A esta visão instrumental e academista, opõe-se uma outra mais pertinente do ponto de vista educacional, porventura ligada aos interesses quotidianos e pessoais dos alunos, a uma motivação intrínseca. Os alunos sentem que os conteúdos passam a tratar-se enquanto meios necessários ao exercício do pensar, mas com finalidades mais definidas e expressas, que não se ligam unicamente a produtos acabados do saber e a uma avaliação de índole mais classificatória. A informação que se procura nasce mais na discussão dos alunos com a ajuda do professor e menos de um processo curricular muito estruturado. Trata-se de transformar e mudar atitudes, bem como processos metodológicos e organizativos de trabalho. Os problemas amplamente discutidos na aula nascem de problemáticas muito abertas, com raízes ou incidências sociais fortes, que a pouco e pouco se vão delimitando e preparando para o *exercício de pesquisa* partilhada, quer intragrupal, quer intergrupamente. Trata-se de envolver afectiva e cognitivamente os alunos, sem respostas prontas e prévias, sem conduções muito marcadas pela mão do professor, caminhando-se para soluções provisórias, como resposta a problemas reais, de conteúdos inter e mesmo transdisciplinares, cultural e educacionalmente interessantes.

Pretende-se abandonar uma visão internalista da ciência, muito centrada numa *epistemologia egoísta*, que pensa os problemas do e no seu interior, segundo uma perspectiva mais própria dos cientistas e da sua formação. Deste modo, é de (re)pensar tal epistemologia, (re)equacioná-la e situá-la numa outra visão; olhá-la como uma educação científica que se deseja que todo o cidadão possua. Uma educação mais humanizada, mais cultural e também mais perto do homem de amanhã, num mundo tecnológico avançado que queremos alfabetizado cientificamente.

Entretanto, a reflexão que tem vindo a ser conduzida à escala internacional sobre as finalidades da formação científica dos jovens, com maior relevância para os que não prosseguem estudos de ciências ao nível superior, levou ao surgimento de uma nova orientação para o ensino das ciências, cujo objectivo primordial é a compreensão da ciência e da tecnologia, das relações entre uma e outra e das suas implicações na sociedade, e do modo como os conhecimentos sociais se repercutem nos objectos de estudo da ciência e da tecnologia. Em termos de finalidades, a Educação em Ciência deverá deixar de se preocupar somente com a aprendizagem de um corpo de conhecimentos ou de processos da ciência, para garantir que tais aprendizagens se tornem úteis no dia a dia, no sentido de contribuírem para o desenvolvimento pessoal e social dos jovens. Apesar da controvérsia à volta das propostas de mudança curricular com tais intenções, há já algumas pistas de investigação que vão ganhando relevância. Assim, cada vez é maior o apelo: – à abordagem de situações-problema do quotidiano que irão permitir reflectir sobre os processos da ciência e da tecnologia, bem como as suas inter-relações com a sociedade, *Ciência-Tecnologia-Sociedade* (CTS), facultando-lhes uma aprendizagem científica e tecnológica, uma possibilidade de tomar decisões informadas, de agir responsabilmente (Vaz & Valente, 1995) e de desenvolver atitudes e valores; – à interdisciplinaridade decorrente da necessidade de compreender o mundo na sua globalidade e complexidade, conciliando (até onde nos é possível) as análises fragmentadas que as visões analíticas dos saberes disciplinares fomentam e fundamentam.

Por outro lado, à ideia de fragmentação da ciência, cada vez mais presente nos currículos, coincidente com a teorização e a abstracção cada vez maiores, marcadas por uma preocupação exagerada em terminologias específicas das diferentes áreas do saber, tornando-se mais difícil para os alunos relacionarem e integrarem os conceitos dessa área (Santos, 1994), junta-se a maior dificuldade que os alunos sentem na passagem do pensamento de senso comum para o conhecimento científico. Passagem difícil, em descontinuidade que exige mudanças graduais evolutivas, que não se processam de uma só vez. Implica rupturas que se desenvolvem e acompanham a própria maturação cognitiva e afectiva dos alunos. Ora, pensamos que esta mudança gradual implica tempo, pluralidade de percursos e confronto: discussão entre pares, reflexão, retornos e recuos para que, ao avançar-se lentamente, se consiga olhar pensadamente de outra forma, por outro ângulo. O que queremos dizer é que a mudança conceptual não ocorre de forma tão rápida e linear como se chegou a pensar. É preciso encarar esta mudança como um processo e não como um momento.

É a partir deste olhar teórico, num quadro de uma Nova Didáctica, que se afirma crítica em relação a perspectivas redutoras, porque marcadamente conteudais e internalistas, que avançamos para orientações mais adequadas às representações actuais da ciência e com potencialidades ainda a descobrir para uma educação científica que não é só “em” ciência mas também “sobre” ciência. *Uma perspectiva de ensino investigativo ou de trabalho científico* que defendemos, em descontinuidade, com perspectivas simplistas de mudança conceptual típicas dos anos 80, acentua vertentes que não podem ser esquecidas, como sendo muito importantes para saltos qualitativos na aprendizagem. Refiram-se quatro

importantes aspectos:

1-A concepção epistemológica, na sua transposição didáctica, marcada por perspectivas da *Nova Filosofia da Ciência* (NFC), está centrada na vertente externalista, valorizando contextos de descoberta e não só de justificação. Não está centrada nos produtos do saber reestruturado, mas nas metodologias de como atacar o problema debatido e reconhecido nos processos de trabalho interpares, que hão-de progredir para novas visões, quiçá mais amplas do que o próprio conteúdo que funcionaria, caso contrário, unicamente como instrumental. Numa perspectiva de pós-mudança conceptual, os conteúdos não valem por si, mas antes adquirem sentido numa visão estrutural que indicié as suas interligações e interacções.

2- A *História da Ciência* não pretende ficar pela compreensão da controvérsia científica da época, nem pela perspectiva heróica, mas projectá-la nas suas consequências futuras, assim como incorporar elementos tecnológicos, políticos e sócio-culturais que a ajudarão a progredir e a inseri-la num outro quadro de referência. Estamos longe de apenas querermos conhecer, através da História da Ciência, os obstáculos epistemológicos para, por antecipação, ajudar o aluno ou grupo de alunos a ultrapassá-los. Na verdade, a vertente histórica no ensino das ciências tem sido considerada inadequadamente pelos professores. Algumas dessas deformações estão presentes nas tendências seguintes:

- a) apontar o passado como um antecedente crescente e linear do presente, sem ter em conta os contextos culturais da época;
- b) avaliar a construção do conhecimento científico de uma determinada época com os princípios epistemológicos do nosso tempo e transportando para o "julgamento" do passado os valores culturais da sociedade ocidental;
- c) sobrevalorizar a ideia de história como resultante da acção de "grandes homens", em detrimento das equipas de investigadores, esquecendo a importância dos contextos históricos, sociais e culturais;
- d) desmistificar a ênfase colocada numa história que só quase cita os sucessos, ignorando os debates e os conflitos (Praia, 1995);
- e) salientar o papel das individualidades masculinas e se possível do mundo ocidental, desvalorizando e ignorando o carácter colectivo do empreendimento da ciência.

A didáctica das ciências, no seu processo evolutivo, reconhece, a partir dos anos 80, a necessidade urgente de reconstruir a articulação entre o ensino das ciências e a história, e a epistemologia das ciências (Hodson, 1988; Cachapuz, 1992; Gil Pérez, 1993; Matthews, 1994; Izquierdo, 1996; Duschl, 1997; Santos, 1998). Como podem ser utilizadas a epistemologia e a história das ciências no ensino das ciências? Gagliardi (1988) sugere algumas formas de apropriação:

- a) determinar os obstáculos epistemológicos;
- b) introduzir na aula a discussão sobre a produção, a apropriação é o controlo de conhecimentos ao nível social e individual;
- c) complementar o ensino de outras disciplinas;

- d) facilitar a aquisição de conceitos estruturantes, construídos pelo aluno e que determinam uma transformação no sistema conceptual, permitindo continuar a aprendizagem;
- e) compreender as transformações da sociedade humana ocorridas num sistema complexo de interações de produção de conhecimentos e técnicas de transformação da natureza.

Deste modo, a História, a Sociologia e a Filosofia da Ciência proporcionam aos professores uma compreensão do que é o conhecimento científico e o conhecimento sobre a ciência, o que, segundo Duschl (1997), pode contribuir para desocultar o *contexto da descoberta* e o de *justificação* inerentes à própria actividade da ciência. Na expressão *contexto de descoberta*, estão presentes os processos de origem e evolução de ideias, enquanto no *contexto de justificação* do conhecimento científico, que diz respeito à comprovação das hipóteses, está implicada a reunião de provas e seus critérios de validade e fiabilidade. Na sala de aula, a natureza da ciência é descrita no *contexto do saber adquirido e aceite*, enquanto que os processos inerentes aos *contextos de descoberta* e de *justificação* do conhecimento científico são descurados (sobretudo os primeiros). Duschl (1997) radicaliza esta importância na forma de utilizar a História, a Sociologia e a Filosofia da Ciência nas aulas das ciências, propondo a abordagem do *contexto de descoberta* integrado numa unidade didáctica.

3- O objectivo da *Aprendizagem* é o de familiarizar o aluno, na sua pessoalidade, com as características do trabalho científico, ajudando-o a compreender os seus percursos, bem como as suas múltiplas facetas, colocando-o numa situação de um cidadão activo, que tem que tomar soluções, aprender a decidir em situações pluridisciplinares, em que a voz da ciência é uma, entre as diversas vozes da sociedade. A contribuição para uma visão social global ou mais restrita é essencial para ajudar a pensar que, na verdade, os conteúdos académicos são limitados quando vistos por áreas disciplinares restritas. As temáticas sociais e os problemas delas decorrentes deveriam ser o grande desafio a colocar numa educação científica de futuro, aberta e não estreita e especializada.

4- O *Trabalho Experimental* não surge por imposição, sugestão e em cumprimento do currículo, ou por necessidade de encontrarmos meios de refutar e questionar as ideias erróneas dos alunos (tipicamente o caso dos modelos de mudança conceptual), já que os resultados surgem quase sempre óbvios. O desenvolver uma actividade surge pela necessidade de encontrarmos soluções para os problemas com que nos debatemos inicialmente. Note-se que os resultados não estão inscritos nem são encontrados *a priori*, não são óbvios, têm de ser lidos através dos quadros teóricos conhecidos. Tais resultados ajudam à resolução do problema – socialmente relevante – mas não são a solução do problema. Esta intervenção é muito importante para ajudar a mudar, paulatinamente, as representações de ciência, sem esquecer o rigor e validação dos resultados, nomeadamente, pelo confronto interpares. O professor pode desempenhar um papel de orientador

da pesquisa, formulando questões para a reflexão, já que os resultados nem sempre surgem de um modo transparente.

Que implicações um tal processo de mudança arrasta ao nível da formação de professores?

A inovação que aqui se defende apela, naturalmente, para um outro quadro de formação de professores. A questão não é somente organizativa, mas sobretudo de filosofia de formação. Se queremos (re)estruturar e mudar as perspectivas e as orientações temos que, com os professores, desenvolver um trabalho de formação, de exigência continuada, capaz de conduzir a mudanças de perspectivas e, posteriormente, a novas práticas – a práticas inovadoras pelas atitudes e valores que introduzem para fazer emergir uma outra cultura de educação científica. Assim, algo de fundo tem que mudar, a começar pelos papéis dos principais intervenientes.

1-O *Professor* passa a ter um papel de atento e intencional organizador de estratégias e de actividades que estimulam a problematização e a formulação-síntese das ideias e crenças dos alunos. A preocupação deixa de estar centrada na mudança destas ideias, rápida se possível, através de materiais engenhosamente feitos para tal e com tal intenção, seguindo um caminho quase sempre previamente traçado – típico de modelos de mudança conceptual. O importante é ajudar e não orientar, compreender as dificuldades mais do que resolvê-las, desenvolver estratégias com os alunos, ajudá-los a desenvolver actividades de resposta possível às dificuldades e que sejam eles a repensar e a reflectir, passo a passo, os seus próprios caminhos e fontes de trabalho. Importa também assinalar que esta visão comporta muitos outros saberes por parte do professor, desde a valorização de perspectivas interdisciplinares dos saberes de índole científica, até ajudar os alunos a transformar a informação a que têm acesso em conhecimento, a dar-lhe um sentido novo, conquistado nas relações e interpretações várias, à luz dos quadros e referentes teóricos, porventura retomados e lembrados, tendo em conta as crenças e as vivências dos estudantes.

2-O *Aluno* tem que passar a desempenhar papéis que o conduzam a atitudes de responsabilidade partilhada e cooperativa, quer com o professor, quer com os seus pares, que lhe permitam valorizar as suas capacidades de intervenção e assumir vários papéis ao longo do *trabalho investigativo*. A dinâmica de grupo (e não o simples trabalho em grupo) com os seus conflitos, com um professor atento, constitui-se em valores de disciplina consentida e autónoma, responsável, reflexiva e crítica, de cidadania e de aprendizagem democrática duradouras. O tempo é o factor que alimenta, silenciosa, mas seguramente, as atitudes a caminho de uma educação científica que aqui se revê nos seus fundamentos e orientações. Não se trata já de estratégias pontuais, ou de procedimentos dispersos e de circunstância, cuja aprendizagem curricular deve ser sempre rápida e cuja avaliação sumativa é que *orienta e mais ordena*.

Importa mudar trilhos, para poder chegar a caminhos mais de acordo com as exigências actuais!

3-O *currículo*, no que respeita a experiências de *ensino Ciência-Tecnologia-Sociedade* (CTS) levadas a cabo em vários países, e muitos dos resultados já alcançados mostram ser esta uma aposta no futuro e uma via promissora em termos de maior motivação dos alunos, de melhor preparação para darem uma resposta mais adequada aos problemas científico-tecnológicos do mundo contemporâneo e ainda de desenvolvimento de formas de pensamento mais elaboradas (Gardner, 1994; Hurd, 1994; Layton, 1994; Millar, 1996; Solomon, 1993; Yager, 1992). Em termos comparativos, pode dizer-se que:

- O ensino tradicional das Ciências centra-se na aprendizagem dos conceitos e dos processos, como ponto de partida, quer para o desenvolvimento da criatividade e das atitudes dos alunos (quanto mais conceitos se souber, mais positivas serão as atitudes face às ciências), quer para que mais tarde eles os utilizem, dando respostas a situações-problema do quotidiano. Num ensino CTS em contextos reais, pelo contrário, a aprendizagem dos conceitos e dos processos é o ponto de chegada. O ponto de partida são situações-problema de contextos reais, cuja solução se procura alcançar. Neste modelo, a aprendizagem dos conceitos e dos processos surge como uma necessidade sentida pelos alunos para encontrarem tal resposta. Nesse processo de construção de conceitos, desenvolvem a criatividade e atitudes de interesse e de motivação para a aprendizagem das ciências.

- O ensino tradicional assenta em programas disciplinares estruturados por áreas de conhecimento. No ensino das ciências, em contexto, não são excluídas as diferentes disciplinas, no entanto, a escolha de problemas reais, como ponto de partida para a aprendizagem e a diversidade de dimensões a explorar para a sua compreensão alargada, levará a que, consoante a disciplina, o professor opte por privilegiar algumas dessas dimensões em detrimento de outras. No ensino tradicional as situações-problema que os alunos enfrentam são simplificações da realidade e as variáveis são isoladas umas das outras para melhor serem compreendidas (Millar, 1996). No ensino em contexto, pretende-se que o aluno possa vir a ter uma imagem mais global sobre o problema do que aquela que a abordagem disciplinar propicia. Cada vez mais, os problemas reais necessitam da intervenção de domínios variados e complementares. São escassos aqueles em que uma visão meramente disciplinar basta como forma de os interpretar.

Apesar dos investimentos teóricos realizados, o movimento para a educação CTS nunca teve uma definição muito clara, porque resultou de uma grande variedade de motivações (Layton, 1994) e evoluiu tomando várias direcções, ao ponto de não ser ainda possível uma única descrição do seu todo (Ziman, 1994). No entanto, as discrepâncias constatadas são consideradas, por alguns, como uma vantagem para o próprio movimento CTS, já que tal dinâmica permite seguir por várias direcções, ajustando-se aos problemas e tipos de sociedade. Por exemplo, em países desenvolvidos e industrializados, os temas CTS podem centrar-se no "controlo da qualidade de vida", enquanto noutros poderá haver a preocupação

com "modos de sobrevivência e auto-suficiência", bem como com "elevação de padrões de vida".

Segundo Ziman (1994), a educação CTS pode traduzir-se numa multiplicidade de abordagens, vistas como complementares, cada uma delas procurando introduzir os alunos num aspecto particular da ciência no seu contexto sócio. Destacamos as abordagens: a *transdisciplinar* (procurando integrar as ciências e apresentar o conhecimento como uma unidade – concepção holística de ciência); a *histórica* (mostrando como a ciência e a tecnologia evoluíram com a sociedade); a *social* (relevando a ciência e a tecnologia como empreendimentos sociais); a *epistemológica* (discutindo a natureza do próprio conhecimento científico, os seus limites e a validade dos seus enunciados); a *problemática* (escolhendo grandes temas-problema da actualidade como contextos de relevância para o desenvolvimento e aprofundamento de conceitos). Esta última tem sido a abordagem mais seguida, eventualmente por ser a que, aos olhos dos não especialistas, mais aproxima a ciência, a tecnologia e a sociedade. É também a que viabiliza abordagens de cariz multidisciplinar, uma vez que a resolução de problemas exige, quase sempre, a convergência de diversas áreas do saber. Porém, para que a inovação tenha lugar, não basta definir novas orientações curriculares para o ensino das ciências. Com efeito, os professores são uma peça fundamental no processo, e qualquer reforma ficará comprometida se estes não compreenderem o que está em causa mudar. Dois princípios se assumem como particularmente pertinentes para a promoção da mudança.

O primeiro é o de que os professores só poderão ensinar aquilo que compreendem. Ora, como o ensino CTS é uma via ainda recente e que rompe com o ensino tradicional, é importante investigar o que pensam os professores de ciências da sua implementação e diagnosticar os bloqueios com que se confrontam. Dos estudos publicados (Rubba & Harkness, 1993; Cross & Price, 1995), parece que muito há a fazer, até que esta seja a orientação capaz de se afirmar. Também em Portugal o recente diagnóstico feito entre professores de Física e Química (Lopes, 1997; Pinheiro, 1998) não é animador: poucos são os que consideram saber do que se trata, e nas práticas de sala de aula mostram estar longe dos princípios orientadores.

O segundo princípio reforça que a concepção, desenvolvimento e avaliação de qualquer programa de ensino são fortemente condicionados pela formação científica dos professores ao nível da componente de especialidade, o que se reflecte na competência profissional dos mesmos (Shulman, 1986; Cochran, De Ruiter & King, 1993; Sanders, Bork & Locard, 1993). Também o modo como os professores compreendem e estruturam o conteúdo da disciplina da especialidade parece influenciar a maneira como o ensinam (Gess-Newsome & Lederman, 1993).

4- *Um centro de recursos da escola* que seja um incentivo e a procura constante de um tipo de trabalho a realizar fora das quatro paredes da sala de aula implica exigências de novos comportamentos e atitudes dos alunos e dos professores a que estamos pouco habituados. Necessitamos de uma nova cultura, quer organizacional, quer comunicacional-relacional; que abale muitos dos fundamentos educacionais que hoje, ainda que aceitemos, não praticamos.

Torna-se necessário novos empenhamentos e condições para outros funcionamentos organizacionais. O instrucional perde claramente a favor do educacional. A classificação perde em favor de uma avaliação contínua, de valor formativo inquestionável, quer como auto, quer como heteroavaliação.

Contributos da investigação

Que estratégias são possíveis de desenvolver para delinear novos quadros de formação de professores de Ciências? Uma maneira possível é pelo estudo de práticas didáticas, em diálogo com referentes teóricos fundamentados e em constante reflexão sobre o exercício dessas mesmas práticas. Em síntese: explorar os aspectos heurísticos das interfaces investigação/formação/inação. Neste estudo, parece-nos importante apresentar desenvolvimentos com base em investigação recente e incidindo sobre três linhas de trabalho, cada uma delas tendo como objectivo aspectos nucleares da Formação de Professores para o novo enquadramento delineado no primeiro capítulo.

- a) *uma primeira*, sobre a articulação de concepções epistemológicas e práticas dos professores;
- b) *uma segunda*, ligada à formação científica interdisciplinar dos professores;
- c) *uma terceira*, centrada em estratégias de trabalho incidindo na construção de novos materiais didáticos marcados histórico-epistemologicamente.

Concepções epistemológicas e práticas dos professores

Vários estudos sugerem que os professores parecem actuar de forma empírica, essencialmente com base na sua própria experiência ou pela mera transposição dos modelos de trabalho dos formadores, modelos que propagam quadros em que o que é predominante é a dimensão pedagógica e em que a reflexão epistemológica consciente é desvalorizada ou mesmo ausente (Praia & Cachapuz 1998). Pouco foi feito para inverter tal situação, no quadro da última reforma educativa. Quer ao nível dos programas oficiais, quer ao nível de acções de formação, continuam ausentes orientações epistemológicas susceptíveis de guiarem os professores para considerações sobre a natureza da ciência e da construção do conhecimento científico, e de como elaborar apropriações possíveis e pertinentes para as suas práticas de ensino.

Tem, pois, sentido procurar estudar articulações possíveis entre representações de ciência dos professores (nível epistemológico) e as suas práticas docentes (nível educacional). No essencial, é este o objecto desta linha de trabalho, levado à prática através de um estudo envolvendo quatro professores de Física/Química, durante o ensino do tema "conservação da massa nas reacções químicas (8º ano de escolaridade)". Desse estudo, refere-se somente a fase naturalista, realizada durante um ano, visando a caracterização de eventuais aspectos problemáticos identificados nas práticas de ensino desses professores; numa fase posterior de intervenção, foram desenvolvidas estratégias inovadoras de trabalho, através de um adequado programa de formação (Paixão, 1998).

Os três aspectos identificados são, com ligeiras nuances, partilhados pelos quatro professores envolvidos, a saber: 1-Visão a-histórica da ciência; 2-Papel confirmatório/ilustrativo da experiência; 3-Visão não problemática e de neutralidade do conhecimento científico.

1-Visão a-histórica da ciência. Do ponto de vista epistemológico, não pode ser subestimado o estudo da controvérsia que acompanhou a interpretação de uma 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. Trata-se de um assunto motivador de ampla controvérsia na História da Ciência, 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. Reconhece-se o valor histórico-cultural da temática pela correspondência a um período da História da Humanidade e da História da Ciência, forte em implicações e evidências de inter-relações entre a ciência, a tecnologia, a economia, a sociedade e a política. Em particular, após a comemoração dos 200 anos da morte de Lavoisier, a literatura disponível sobre este período da História da Química aumentou em quantidade e qualidade (indicamos, p. ex., Multhauf 1993; Bensaude-Vincent & Martin 1993; Serres 1989, e ainda edições *fac-similae* do *Traité Élémentaire de Chimie*).

As quatro professoras participantes no estudo dedicaram pouco tempo efectivo (1/2 aulas) ao tema, tratando-o de forma fugidia, ignorando a sua forte estrutura histórica. Registamos, praticamente, ausência total de referência histórica, não ultrapassando o enunciado da "lei da conservação da massa", após demonstração experimental com a realização da "habitual" reacção química entre as soluções aquosas de iodeto de potássio e de nitrato de chumbo. Não foram feitas referências, nem à polémica que, no tempo de Lavoisier, animou a comunidade científica em torno da alteração de uma teoria, nem ao seu enquadramento histórico.

O assunto não foi tratado de forma específica. O conteúdo foi valorizado, *de per se*, numa redutora perspectiva de matéria exclusivamente académica, recorrendo a um conjunto de termos, factos e experiência que apenas o identificam no tempo presente, retirando-lhe a perspectiva cultural enriquecedora que uma abordagem centrada na História da Ciência permite. Aspectos episódicos curtos, de referência ao heróico "descobridor" da lei da conservação da massa, por uma das professoras, não abonam a favor da valorização da forte envolvente histórica do assunto, na perspectiva externalista em que a consideração do contexto da descoberta se sobrepõe ao da justificação.

2-Papel confirmatório/ilustrativo da experiência. O trabalho experimental observado nas práticas das professoras envolvidas no estudo desenvolveu-se numa perspectiva fortemente empirista, colocando a observação no centro do processo. A experiência efectuada da precipitação do iodeto de chumbo, por reacção entre as soluções aquosas de iodeto de potássio e de nitrato de chumbo, revelou um cariz essencialmente confirmatório para o estudo de um assunto que poderia ser o móbil de uma abordagem da ciência, numa perspectiva consonante com a Nova Filosofia

da Ciência (NFC). Na verdade, 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, 1997). 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". Esta mudança descrita/sentida faz ganhar importância a uma orientação experimental, numa vertente de trabalho científico, em que a experiência não pode surgir isolada com uma intenção imediata de "descoberta", de simples "confirmação" ou de mera "ilustração". A experiência realizada ocupou o lugar central na estratégia da aula, isolada, ausente de debate e de previsões com base numa teoria, ou seja, uma experiência com papel confirmatório e ilustrativo, que tem um fraco interesse como contributo para construção de imagens consistentes sobre a ciência, a sua metodologia e o seu percurso de construção. Sobressai uma relação facto-lei com o objectivo de interpretar factos observáveis no quadro de um realismo ingénuo. A experiência é apresentada como tendo um poder indutivo, contrariamente à ideia epistemológica contemporânea de que tais princípios não podem senão ser hipotéticos, "eventualmente" sugeridos pela experiência. Assistimos a uma interpretação do método experimental clássico em que ocorre generalização espontânea, a partir dos dados da experiência, no caso de uma única experiência, que por si só parece atribuir validade ao conhecimento e objectividade à Ciência.

Segundo Kuhn (1995), a ruptura com o paradigma pré-científico e o estabelecimento da nova teoria do oxigénio, com o princípio da conservação da massa subjacente, que ocorreu na década de 1770, foi fundamentalmente devido ao estágio de desenvolvimento já atingido pela química pneumática, que conheceu muitos adeptos, e ao uso da balança nos processos químicos. Estes e outros aspectos necessitariam de ser abordados no tratamento do tema. Tal como a experiência é proposta, isolada e afastada de um percurso investigativo e historicamente sustentado, não pode ajudar os alunos a compreender a construção dinâmica da ciência e, em particular, o papel do erro no progresso do conhecimento, quer dizer, o seu carácter consubstancial. No trabalho experimental, numa perspectiva científica, a experiência está envolvida num processo completo, que vai da identificação do problema, no âmbito da teoria, até à avaliação final do percurso, com ênfase para o planeamento experimental, observação, manipulação de objectos e aparelhos, uso de técnicas, interpretação e comunicação de resultados, afastando a ideia de que a experiência é o aspecto central da investigação científica e fonte de conhecimento teórico. De novo, nesta perspectiva, é o contexto da descoberta que é valorizado e não só o contexto de justificação, próprio das perspectivas internalistas.

3-Visão não problemática e de neutralidade do conhecimento científico. No estudo empírico referido, sobressaem práticas de ensino desenvolvidas numa perspectiva de ciência não problemática e ausente de valores, como conhecimento definitivo e especificamente académico, numa imagem redutora das implicações recíprocas da ciência, sociedade, tecnologia e ambiente. Uma imagem mais actual,

sustentada pela perspectiva externalista da Nova Filosofia da Ciência, é a de que o progresso do conhecimento científico é determinado por forças sociais, políticas, económicas. A direcção da investigação reflecte pressões políticas, económicas, em particular, valores de uma estrutura humana. A ciência tem agora a imagem de uma instituição que sofre pressões na e da sociedade em que se insere, que provoca e reflecte relações de hierarquia e de poder, e os cientistas são pessoas com os atributos de qualquer outra (Silva *et al.*, 1994). A Nova Filosofia da Ciência rompe com a ideia de que a ciência é um mundo de "palavras específicas e um mito" (Giordan 1978), um mito de eficácia absoluta, de neutralidade, de encantamento, de inacessibilidade por parte dos cidadãos. Acentua-se a importância de se ser crítico e de se ultrapassar a ideia de inacessibilidade da ciência, criando a necessidade de uma educação científica de base para os cidadãos, pois muitas das decisões políticas e ambientais apoiam-se numa presumível "autoridade da ciência" para se fazerem aceitar.

Embora tenham existido algumas referências (em particular, por uma das professoras) ao trabalho dos cientistas e à sua dimensão humana, tratou-se de um aspecto isolado, faltando-lhe a perspectiva de confronto e de debate intencional. Igualmente sobressaiu uma sensibilidade a aspectos ambientais, não incluídos deliberadamente nas estratégias. Assim, o sentido foi o da ciência para temáticas da tecnologia e das questões ambientais, tendo sido atribuído um papel principal e neutro à ciência (modelo tecnocrático).

Do ponto de vista educacional, este é um assunto central. Os professores despertos para a importância crucial de um dos temas mais controversos na História da Química, 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 os resolvem, não significa a compreensão do assunto. Há necessidade de os professores se actualizarem, particularmente em áreas que assumem uma importância manifesta no âmbito do programa e da formação dos alunos.

Em síntese, o estudo aponta para dificuldades de leitura epistemologicamente sustentada na temática em estudo, predominando uma visão utilitária, funcional e instrumentalista dos conteúdos. A dimensão epistemológica não é intencionalmente mobilizada. Para as quatro professoras, o perfil geral é marcado por um realismo ingénuo, valorização de perspectivas empiristas com ausência de problematização da observação e experiência, numa imagem de ciência como um todo acabado, não problemático, inequivocamente verdadeiro e neutro.

Formação científica interdisciplinar dos professores

Centrando-nos na orientação CTS para o ensino das ciências (vd. cap. 2), a formação de professores no domínio da disciplina da especialidade assume uma relevância ainda mais acentuada do que as situações-problema específicas do desenvolvimento programático, se retiradas de contextos reais, já que se tornam mais complexas e susceptíveis de abordagens, segundo vários domínios

disciplinares. Ora, só professores com uma sólida formação poderão definir (e ajudar os alunos a definir) vias possíveis de exploração em contexto escolar. Para isso, é preciso conhecer o que está em causa. Sendo relativamente raros os estudos de caracterização de dificuldades de professores, no domínio da especialidade, é de importância fundamental, para a inovação nos próprios cursos de formação inicial e contínua, o trabalho conduzido por Serrano (1996).

O estudo envolveu 122 alunos, futuros professores de ciências (Geologia e Química), no final da sua formação académica inicial, de quatro Universidades portuguesas, que foram confrontados, através de questionário de resposta aberta, com seis questões-problema, referentes à degradação e conservação do património arquitectónico edificado, tema de cariz multidisciplinar e gerador de controvérsias. Pretendia-se identificar eventuais lacunas na formação científica da especialidade e averiguar em que medida o modo de encarar e conceptualizar os problemas estava dependente da área de formação dos futuros-professores. Globalmente, como conclusões do estudo, podemos referir:

- Os inquiridos revelaram dificuldades em mobilizar os conhecimentos científicos na interpretação das situações que lhes foram apresentadas. A fundamentação das respostas foi feita de modo muito aligeirado (mais parecendo influenciados por aprendizagens não formais), ou os modelos interpretativos usados foram quase sempre redutores, centrando-se numa só variável do problema. Tal facto, muito provavelmente, terá que ver com práticas de ensino demasiado teóricas, desligadas de problemas do dia a dia ou viradas para situações laboratoriais – que são simplificadas, para melhor serem entendidas (Millar, 1996).

- Verificou-se, ainda, que a área de formação não se reflectiu de forma significativa nas respostas, o que terá que ver com o modo simplista como os problemas foram encarados. Especificamente, foi possível constatar que os inquiridos:

- a) revelaram desconhecer a importância (ou mesmo a existência) da alteração física das rochas do património urbano para o desencadear dos processos químicos. Centraram-se predominantemente na alteração química e elegeram como actos determinantes as chuvas ácidas, apesar de tal facto nem sempre ser requisito da resposta adequada;
- b) revelaram dificuldades em reconhecer a importância (e até a existência) de um grau inicial de alteração das rochas como algo determinante do próprio processo de alteração. Provavelmente, isto estará relacionado com a dificuldade de compreensão do conceito de tempo geológico;
- c) apresentaram dificuldades em lidar com as várias escalas em que os processos de degradação ocorrem: a alteração só é reconhecida quando assume aspectos claramente visíveis, ignorando-se a escala microscópica.

Em síntese, reforça-se a importância da formação científica interdisciplinar dos professores na resolução de situações-problema retiradas de contextos reais socialmente relevantes e particularmente adequadas a ter em conta futuramente.

Estratégias realizadas a partir de materiais didácticos fundamentados

No desenho da planificação, existiu a preocupação em comprometer os alunos na compreensão conceptual das hipóteses explicativas da "Origem da Vida", com o objectivo de desenvolver a capacidade de raciocínio crítico para uma aprendizagem significativa. Em conformidade com Brooks & Brooks, citado por Henderson (1996), exploraram-se cinco princípios de um ensino construtivista:

- a) os alunos devem ficar comprometidos em actividades baseadas em problemas com interesse e significado próprio;
- b) os materiais didácticos devem ser organizados holisticamente, desenvolver conceitos mais abrangentes, de forma a encorajar os alunos e incentivar o uso de estratégias de resolução de problemas;
- c) os professores devem encorajar a aprendizagem dos alunos a partir dos seus pontos de vista (daquilo que já sabem) presentes nos tópicos curriculares;
- d) os materiais curriculares devem reflectir as expectativas dos alunos em relação à "resolução de problemas";
- e) a avaliação deve ser "autêntica" e sobreponível com as experiências de aprendizagem dos alunos.

Assim, de uma concepção de planificação alicerçada na Filosofia da Ciência, na História e na Sociologia da Ciência, até à construção de materiais didácticos, procurámos fundamentadamente veicular e fazer sobressair uma imagem de ciência mais humanizada e culturalmente relevante. Estas orientações foram posteriormente transpostas para actividades intencionalmente vivenciadas na sala de aula, através de questões que:

- a) implicaram o aluno na controvérsia;
- b) valorizaram o pensar sobre os próprios processos de construção científica;
- c) permitiram reflexões sobre o papel da comunidade, nomeadamente, sobre questões de validação.

Relativamente à concepção das fichas de trabalho⁽²⁾, houve a preocupação de utilizar documentos/obras originais e o "discurso directo" dos naturalistas e investigadores perante os seus pares ou perante a comunicação social (discurso de Pasteur na Academia de Paris do século XIX e a apresentação nos *mass media* da equipa que investigou o meteorito ALH84001). Os materiais didácticos foram concebidos e desenvolvidos no âmbito do estágio pedagógico, conjuntamente pelo professor orientador e por três professores-em-formação, destinando-se a alunos do 10º ano de escolaridade. Evidenciam a falibilidade das hipóteses científicas, assumindo o erro como inerente à própria ciência e ao progresso do conhecimento como actividade humana. Pretendeu-se que os alunos "percorressem" os períodos de controvérsia entre duas/três hipóteses explicativas, analisassem o comportamento da sociedade científica e estabelecessem relações entre o progresso da ciência, da tecnologia e da própria sociedade. As hipóteses explicativas da Origem da Vida foram tratadas como marcos da história da ciência, a partir dos

quais os alunos construíram um modelo didáctico exemplificativo desta importante e actual controvérsia científica. Num contexto marcado pelo exercício de uma prática didáctica construtivista, a turma assumiu-se, com as devidas distâncias epistemológicas, históricas e sociológicas, "numa" Academia de Paris do século XIX ou de "uma" Comunidade Científica Americana, com o peso institucional que hoje parece ter e que lhe advém, em grande medida, do poder político e financeiro. Passemos à breve apresentação de alguns dos documentos desenvolvidos, em que o critério que presidiu à escolha foi o de conterem episódios relevantes no âmbito da epistemologia, da história e da sociologia da ciência.

A 1ª Ficha releva o confronto final, passados cem anos, entre os apoiantes das hipóteses da biogénese e da abiogénese, protagonizados por Pouchet e Pasteur. Para aprofundar o debate que se iniciou com a ficha, foi dado a conhecer aos alunos o teor da correspondência, trocada na época, entre Pasteur e Pouchet e entre este e Joly (um dos seus apoiantes). Mais importante do que o valor das experiências de Pasteur, realizadas no dia 7 de Abril de 1864, no grande anfiteatro da Sorbonne, terá sido o seu poder argumentativo para convencer, na época, a Academia de Ciências de Paris. Como refere Praia (1995: 75), "trata-se (...) de convencer a comunidade científica das virtualidades e potencialidades do «novo» e, como acentua Kuhn (1995: 39), "no desenvolvimento de uma ciência da natureza, um indivíduo ou grupo produz uma síntese capaz de atrair a maioria dos praticantes de ciência (...), as escolas mais antigas começam a desaparecer (...) pela conversão dos seus adeptos ao novo paradigma". Fez-se ainda alusão a um tipo de "experiências cruciais" (as de Redi, Spallanzani e, sobretudo, as de Pasteur), que se tornaram decisivas para a refutação da hipótese da geração espontânea, quando se possui o distanciamento temporal necessário para as apreciar valorativamente. Esta ficha proporcionou a visão da falibilidade das hipóteses científicas, assumindo o erro como intrínseco à própria ciência e ao progresso do conhecimento como actividade humana. As experiências de Pasteur lançaram uma sensação de frustração na comunidade científica, porque os resultados obtidos por este investigador não responderam à questão inicial sobre o começo da vida na Terra. Os esforços da comunidade científica, nos primórdios deste século, residiam na procura de outros modelos teóricos explicativos.

A 2ª Ficha conduziu-nos ao cerne do problema, apresentando dois modelos interpretativos (o exógeno e o endógeno) para explicar como a vida se iniciou no nosso planeta. A estratégia foi concebida para criar confrontos entre os vários grupos que se viessem a constituir em defesa de um determinado modelo e respectiva hipótese explicativa (heterotrófica, autotrófica e cosmozoica).

Nas 3ª e 4ª Fichas, a História da Ciência pretendeu retratar as convicções dos cientistas americanos Miller e Fox e de como eles perspectivavam o seu trabalho nas décadas de 50 e 60. Ambos desenvolveram experiências para demonstrar a utilidade do modelo de Oparin e Haldane sobre a Origem da Vida. O primeiro obteve aminoácidos a partir de misturas gasosas com metano, amoníaco e hidrogénio submetido a descargas eléctricas de 60000 Volts. Os aminoácidos solúveis foram recolhidos num balão com água a 80° C que simulava o caldo primitivo admitido por Oparin. Sidney Fox obteve microesferas a partir de termoproteínóides ricos em lisina e arginina, em condições adequadas de pH e de

salinidade, em superfícies de minerais quentes e depois em lava aquecida. As microesferas de Fox eram capazes de se dividir por gemulação e de se fundir, originando novas microesferas, dependendo das condições de pH e de salinidade. Estas mesmas estruturas eram capazes de actividade catalítica e correspondiam de certa forma aos coacervados de Oparin, mas numa versão melhorada. Analisando este período da história da ciência, segundo a perspectiva epistemológica de Lakatos (1993), a hipótese heterotrófica admite que os primeiros seres vivos seriam heterotróficos e dependentes da composição química do meio - *núcleo duro*. A *heurística negativa* admitia, como exclusivo da própria Terra, um processo evolutivo físico-químico no sentido do não-biótico para o biótico de complexificação crescente. A *heurística positiva* reportava-se à composição da atmosfera primitiva da Terra e à constituição e composição do substrato ideal para promover as reacções de polimerização. Esta hipótese assume-se como um programa progressivo, com maior "potência heurística", tentando explicações para as anomalias (dificuldades empíricas) e, se possível, assimilá-las (Fitas, 1988). A aceitação pela comunidade científica de uma atmosfera terrestre primitiva não redutora, segundo Allègre & Schneider (1996), foi explicada na aula através da análise interpretativa da evolução da composição química, em termos de percentagem de gases, ao longo dos 4,6 milhares de milhões de anos da Terra. Esta "anomalia" evidenciada contraria aquilo que os investigadores inicialmente admitiam. Entretanto, no âmbito da hipótese heterotrófica, foram mais recentemente efectuadas experiências semelhantes às realizadas por Miller, com uma mistura de azoto, hidrogénio, dióxido e monóxido de carbono e, mais uma vez, obtiveram-se aminoácidos e outras moléculas orgânicas.

Uma Ficha final destacou a importância das argilas, das pirites ou dos quartzos como meios alternativos ao "caldo primitivo" admitido por Oparin. Estes modelos para a síntese de compostos orgânicos oferecem uma solução intermédia entre o mundo mineral e o orgânico na formação dos primeiros organismos vivos e são uma resposta possível a uma *anomalia* - a água do "caldo primitivo" não facilita reacções de polimerização, contribui para a solução dos compostos orgânicos e promove mais facilmente a hidrólise das moléculas recém sintetizadas.

Os resultados do estudo mostraram que o desenvolvimento dos materiais didácticos ao nível das práticas e a sua mobilização no contexto do ensino-aprendizagem trouxeram um empobrecimento da orientação construtivista, em particular ao nível da transposição da história e da epistemologia da ciência para o terreno da didáctica. Assim, os professores-em-formação que apresentaram preocupações mais acentuadas na área pedagógica, nomeadamente, as relacionadas com o controlo e com a própria matéria a leccionar, denotaram maiores dificuldades e distanciamento em relação às referidas vertentes. Um outro resultado, que o estudo permite enunciar, diz-nos que não é só por a construção da planificação estar embebida em pressupostos de didáctica construtivista e de se terem promovido debates prévios antes e após as práticas que se conseguem as transferências e transposições didácticas adequadas. Os professores desenvolvem processos lentos sobre o conhecimento didáctico, sobre a forma de ensinar ciências, na transformação do conteúdo científico da área da especialidade em representações compreensíveis aos alunos, implicando longos tempos de

maturação e de debate que se devem prolongar para além dos limites temporais do ano lectivo da formação inicial. Por outro lado, a apreciação feita pelas três professoras foi unânime em considerar importante a aquisição de uma linguagem comum para explicitarem as suas dúvidas e dificuldades, bem como a mudança de representações que iam desenvolvendo ao longo e sobre o estudo. Acentua-se a necessidade de um espaço de reflexão, sendo cultivado mais como um instrumento de formação, que requer condições para frutificar, e não como uma componente esotérica, de linguagem difícil e pouco interessante.

Em síntese, cabe ao professor apropriar-se das componentes histórico-epistemológicas para ajudar a criar uma imagem da actividade científica, e dos próprios cientistas, menos estereotipada, acentuando a actividade científica e a ciência como actividade eminentemente cultural e humana, feita por homens e para os homens. Matthews (1994) advoga serem "os professores a chave do sucesso do ensino histórico. Os professores precisam de estar motivados e formados em história [e sociologia da ciência]. Se eles estiverem preparados e documentados, em inúmeras situações formais ou informais, planificadas ou não, farão com que a história [e a sociologia] possa(m) contribuir para o enriquecimento das tarefas profissionais e culturais para a educação em ciência; se não estiverem motivados, então meramente expõem história (da ciência), ou incluem-na no currículo com efeito quase despercebido. Como tem sido várias vezes referido, os bons professores podem recuperar o pior currículo e os maus professores podem liquidar o melhor dos currículos.

Conclusões

Finalizamos com algumas ideias que, no âmbito da investigação-inovação-formação, possam ser orientadoras de mudança de atitudes na formação dos professores.

- A falta de formação epistemológica em história da ciência aumenta as dificuldades dos professores aquando das necessárias transposições didácticas. É necessário trabalhar com os professores, e estes com os seus pares, para construir, gradualmente, uma maior consciência da disciplina que ensinam e passarem a pensar os conteúdos nas suas inter-relações com os de outras disciplinas.
- Uma ideia que importa acautelar é a que diz respeito à utilização, pelos professores, de materiais didácticos construídos e apresentados sem discussão, e quantas vezes dados aos alunos. Importa que os professores não os utilizem sem terem consciência do que aí se releva e qual o significado expresso ou escondido, e que os aproveitem para realizar debates de formação, entre si e com o grupo disciplinar. A forte ligação entre investigação e formação, num processo de vaivém constante, é um dos bons índices de qualidade profissional.
- A formação científica interdisciplinar requer uma leitura mais aberta dos currículos, encarando os temas científicos como um desafio para neles se construir situações-problema vindas de contextos socialmente pertinentes para os alunos. Os conteúdos científicos passam a ser agarrados e discutidos

numa base de argumentação e confronto de ideias, sem soluções prévias definidas. Trata-se de um trabalho de contornos mal definidos, sendo aqui que reside a riqueza heurística da própria pesquisa.

– Tal situação conduzirá, ainda que muito lentamente, à perda de uma visão internalista, quase só centrada nos conteúdos e nos processos como fins, para passar a uma visão pós-moderna de ciência, cultural e humanamente exigente. A preparação científica dos professores, nomeadamente, interdisciplinar, torna-se ainda mais urgente por via da necessidade de mobilizar saberes socialmente relevantes, novos valores e atitudes, mais capazes de vir a sugerir (re)soluções, quando se têm de gerir conflitos de interesses – vivências de situações próximas do quotidiano. Para consubstanciar o designado trabalho científico, as problemáticas têm de nascer de fora para dentro.

NOTAS

- ⁽¹⁾ O artigo insere-se no Projecto *Reforma Curricular e Formação de Professores/Ciências: da (re)construção de práticas inovadoras*, Instituto de Inovação Educacional, IIE (PI/15/94).
- ⁽²⁾ Estes materiais podem ser consultados em *Supervisão da prática pedagógica-didáctica em Ciências: sua incidência na História e na Epistemologia. O caso da Origem da Vida*. Jorge M. C. M. Coelho, Tese de Mestrado, Vol. I, Universidade de Aveiro, 1998.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allègre, C. & Schneider, S. (1996). La formation de la terre. In *Pour la Science*. Dossier Hors-Série, 8-14.
- Bensaude-V. B. & Martin, A. C. (1993). *Dans le laboratoire de Lavoisier*. Paris: Nathan.
- Cachapuz, A. F. (1992). Filosofia da ciência e ensino da química: Repensar o papel do trabalho experimental. In Actas do Congresso *Las didácticas específicas en la formación del profesorado* (Eds.), Montero Mesa & Vaz Jeremias, Tórculo, Tomo II, 1, 357-363. Santiago de Compostela.
- Cochran, K. F., De Ruiter, J. A & King, R. A (1993). Pedagogical content Knowing: Na integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 44 (4), 263-272.
- Coelho, J. M. C. (1998). *Supervisão da prática pedagógica-didáctica em ciências: Sua incidência na história e na epistemologia. O caso da origem da vida*. Tese de Mestrado (não pub.). Univ. de Aveiro.
- Cross, R. T. & Price, R. F. (1995). Science teacher's social conscience and the role of controversial issues in the teaching of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (3), 319-333.
- Duschl, R. A. (1997). Renovar la enseñanza de las ciencias: Importancia de las teorías y au desarrollo. Madrid: Narcea.

- Fitas, A. (1988). Popper, Kuhn e Lakatos. Três formas diferentes de entender a ciência. *Vértice*, 2ª Série, 4, 69-77.
- Gagliardi, R. (1988). Como utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 291-296.
- Gardner, P. (1994). Representations of the relationship between science technology in the curriculum. *Studies in Science Education*, 24, 1-28.
- Gess, Newsome, J. & Lederman, N. G. (1993). Preservice Biology teacher's knowledge structures as a function of professional teacher education: a year-long assessment. *Science Education*, 77 (1), 25-45.
- Gil-Pérez, D. (1993). 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*, 11 (2), 197-212.
- Gil-Pérez, D. (1996). New trends in science education. *International Journal of Science Education*, 18 (8), 889-901.
- Giordan, (1978). Observations-experimentations: Mais comment les élèves apprennent-ils? *Revue Française de Pédagogie*, 45, 66-73.
- Hernandez, P. 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 pub.). Valência: Univ. de Valência.
- Hodson, D. (1988). *Filosofía da ciencia y educación científica*. In R. Porlán, J. García & Canál (Comp.), *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*, 5-21. Diada Editoras.
- Hurd, P. H. (1994). New minds for a new age: Prologue to modernizing the science curriculum. *Science Education*, 78 (1), 103-116.
- Izquierdo, M. (1996). Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales. Naturaleza e Historia das Ciências*, 8, 7-21. Graó Educación de Serveis Pedagògics (Ed.), Barcelona.
- Kuhn, T. S. (1995). *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Editora Perspectiva, S.A.
- Lakatos, I. (1993). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Editorial, S.A.
- Layton, D. (1994). STS in the school curriculum a movement overtaken by history? In *STS Education International Perspectives on Reform*. Editado por Joan Solomon e Glen Aikenhead. New York: Teachers College Press, 32-44.

- Lopes, C. M. C. (1997). *Investigação em didáctica e ensino das ciências: percepções dos professores de física e química*. Dissertação de Mestrado (não pub.). Univ. de Aveiro.
- Mathews, M. R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 255-277.
- Mellado, J. V. & Carracedo, G. D. (1992). Aproximación a la didáctica de las ciencias desde la filosofía de la ciencia. In *Encontro Las didácticas específicas en la formación del profesorado*, 1-10. Santiago de Compostela.
- Millar, R. (1996). Toward a science curriculum for public understanding. *School Science Review*, 77, 208, 7-18.
- Multhauf, R. P. (1993). *The origins of chemistry*. Berkeley: Gordon and Breach Science Publishers, S.A..
- Paixão, M.F. (1998). *Da construção do conhecimento didáctico na formação de professores de ciências. Conservação da massa nas reacções químicas: Um estudo de índole epistemológica*. Dissertação de Doutoramento (não pub.). Univ. de Aveiro.
- Pinheiro, M.T. F. H. (1998). *Concepções e práticas de professores sobre o ensino contextualizado da química na escolaridade básica: Contributos para a formação contínua*. Dissertação de Mestrado (não pub.). Univ. de Aveiro.
- Praia, J. F. (1995). *Formação de professores no ensino da geologia: Contributos para uma didáctica fundamentada na epistemologia das ciências. O caso da Deriva Continental*. Tese de Doutoramento (não pub.). Univ. de Aveiro.
- Praia, J. F. & Cachapuz, A. F. (1994). Para uma reflexão em torno das concepções epistemológicas dos professores de ciências, ensino básico (3ºciclo) e secundário: Um estudo empírico. *Revista 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.
- Rubba, P. & Harkness, W. L. (1993). Examination of preservice and in-service secondary science teacher's beliefs about science science-technology-society interactions, *Science Education*, 77 (4), 407-431.
- Sanders, L. R., Bork, H. & Lockard, J. D. (1993). Secondary science teacher's knowledge base when teaching science courses in and out of their area of certification. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (7), 723-736.
- Santos, M. E. V. M. (1994) *Área escola/escola: Desafios interdisciplinares*. Lisboa: Livros Horizonte.
- Santos, M. E.V. M. (1998). *Respostas curriculares a mudanças no ethos da ciência: Os manuais escolares como reflexo dessas mudanças*. Tese de Doutoramento (não pub.). Fac. de C. da Univ. de Lisboa.

- Serrano, M. C. L. R. (1996). *Formação de professores de ciências (geologia e química) e abordagem de temas multidisciplinares*. Dissertação de Mestrado (não pub.). Univ. de Aveiro.
- Serres, M. (Dir.) (1989). *Elementos para uma história das ciências* (3 Vols.). Lisboa: Terramar.
- Shulman, L. S. (1986). Paradigms and research programs in the study of teaching: A contemporary perspective. In Wittrock M. C. (Ed.), *Handbook of Research on Teaching* (3ª ed.) 3-36. New York: N.Y. Macmillan Publishing Company.
- 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.
- Solomon, J. (1993). *Teaching science, Technology and Society*. Buckingham: Open University Press.
- Vaz, M. E. & Valente, M. O. (1995). Atmosfera CTS nos currículos e manuais. *Noesis*, 34, 22-27.
- Yager, R. E. (1992). Science-technology-society as reform. In *The status of Science-technology-society reform efforts around the World*. Icase Yearbook (Ed.), Robert E. Yager. Arlington, 2-8.
- Ziman, J. (1994). The rationale of STS education is in the approach. In *STS education international perspectives on reform*. Teachers College Press. Joan. Solomon and Glen Aikenhead (Ed.), New York: 21-31.

ABSTRACT

This paper provides a critical reflection on the *alternative conceptions movement* and presents the limitations of the conceptual change models. We try to present another perspective, eventually driven from the critiques forwarded, and develop some ideas around an externalist view of science thus suggesting a teaching approach we name *scientific work*. The research-innovation-training unit will bridge the three research projects here described. Incidences and lessons have been drawn from them provided here as new guidelines and suggestions for teacher education.

RESUME

L'article défend une nouvelle perspective d'enseignement des sciences, dites de travail scientifique, et ses implications dans la formation des enseignants. Il présente les limitations des modèles d'échange conceptuel, ancrés dans le mouvement des conceptions alternatives des années 80. Il met en évidence la nouvelle perspective et en caractérisant ses conséquences théoriques au niveau d'un autre cadre de formation d'enseignants. Il approfondit ce nouveau cadre de formation étayé sur trois études de recherche menées à bout avec des enseignants portugais. Finalement, des suggestions sont mises en avant pour améliorer la formation des enseignants des sciences.