

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/291833015>

A Necessária Renovação do Ensino das Ciências

Book · January 2005

CITATIONS

48

READS

2,544

5 authors, including:



Antonio Cachapuz

University of Aveiro

47 PUBLICATIONS 875 CITATIONS

SEE PROFILE



Daniel Gil Pérez

University of Valencia

642 PUBLICATIONS 3,695 CITATIONS

SEE PROFILE



Anna Maria Carvalho

University of São Paulo

98 PUBLICATIONS 644 CITATIONS

SEE PROFILE



Amparo Vilches

University of Valencia

389 PUBLICATIONS 1,439 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Modelo constructivista de formación del profesorado de ciencias [View project](#)



Papel de la educación no formal en la enseñanza reglada de las ciencias. (Use of “Out of School Education” in formal Science Teaching) [View project](#)

All content following this page was uploaded by [Daniel Gil Pérez](#) on 05 May 2016.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

A NECESSÁRIA RENOVACÃO DO ENSINO DAS CIÊNCIAS

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

A Necessária renovação do ensino das ciências / António Cachapuz...[et al.], (organizadores). — São Paulo : Cortez, 2005.

Outros organizadores: Daniel Gil-Perez, Anna Maria Pessoa de Carvalho, João Praia, Amparo Vilches.

Bibliografia.

ISBN 85-249-1114-X

1. Ciências - Estudo e ensino I. Cachapuz, António. II. Gil-Perez, Daniel. III. Carvalho, Anna Maria Pessoa de. IV. Praia, João. V. Vilches, Amparo.

05-1569

CDD-507

Índices para catálogo sistemático:

1. Ciências : Ensino : Renovação 507

CACHAPUZ, António • GIL-PEREZ, Daniel
PESSOA DE CARVALHO, Anna Maria • PRAIA, João • VILCHES, Amparo
(organizadores)

A NECESSÁRIA RENOVAÇÃO DO ENSINO DAS CIÊNCIAS

A NECESSÁRIA RENOVAÇÃO DO ENSINO DAS CIÊNCIAS
CACHAPUZ, GIL-PEREZ, PESSOA DE CARVALHO, PRAIA e VILCHES

Capa: DAC

Revisão: Maria de Lourdes de Almeida

Composição: Dany Editora Ltda.

Coordenação editorial: Danilo A. Q. Morales

Por recomendação dos organizadores, foi mantida a ortografia vigente em Portugal nos capítulos de autores portugueses.

Nenhuma parte desta obra pode ser reproduzida ou duplicada sem autorização expressa dos organizadores e do editor.

© 2005 by Organizadores

Direitos para esta edição

CORTEZ EDITORA

Rua Bartira, 317 – Perdizes

05009-000 – São Paulo-SP

Tel.: (11) 3864-0111 Fax: (11) 3864-4290

E-mail: cortez@cortezeditora.com.br

www.cortezeditora.com.br

Impresso no Brasil — março de 2005

Sumário

Apresentação	7
Prefácio	9
Transcrição do <i>Manifesto</i>	13
PRIMEIRA PARTE — A educação científica como objectivo social prioritário	17
CAPÍTULO 1. Importância da educação científica na sociedade actual	19
SEGUNDA PARTE — Papel da epistemologia no desenvolvimento da didáctica das ciências e na formação dos docentes	35
CAPÍTULO 2. Superação das visões deformadas da ciência e da tecnologia: um requisito essencial para a renovação da educação científica	37
CAPÍTULO 3. Problema, Teoria e Observação em Ciência: Para uma reorientação epistemológica da Educação em Ciência	71
CAPÍTULO 4. A Hipótese e a Experiência Científica em Educação em Ciência: Contributos para uma reorientação epistemológica.....	93
TERCEIRA PARTE — Defesa e exemplificação do modelo de aprendizagem como investigação	107
CAPÍTULO 5. Defesa do construtivismo: Que entendemos por posições construtivistas na educação em ciência?	109

CAPÍTULO 6. <i>A introdução dos conceitos de trabalho e energia: Exemplo de programa de actividades para orientar o trabalho dos estudantes</i>	127
CAPÍTULO 7. <i>A atenção à situação de emergência planetária: Um programa de actividades dirigido aos docentes</i>	152
QUARTA PARTE — A didáctica das ciências como um novo corpo de conhecimentos	185
CAPÍTULO 8. <i>A emergência da Didáctica das Ciências como campo específico de conhecimentos</i>	187
Referências bibliográficas	233

Apresentação

O livro que apresentamos supõe a reelaboração e actualização de uma série de trabalhos publicados nos últimos anos que referem investigações e contribuições que temos vindo a desenvolver e que fundamentam uma proposta de reorientação da educação científica para responder ao grave problema do fracasso escolar de elevadas percentagens de cidadãos e cidadãs. Fracasso esse que se traduz na falta de interesse e inclui mesmo a recusa face aos estudos em ciências.

A gravidade desta problemática tem gerado abundante investigação e contamos já hoje com estudos que nos permitem fundamentar e orientar os necessários planeamentos na educação científica.

Dedicaremos uma primeira parte a mostrar o carácter de objectivo social prioritário de uma educação científica para o conjunto dos cidadãos, o que torna necessário a profunda renovação na orientação do ensino a que fazemos referência no título deste livro.

A segunda parte, que consta de três capítulos de conteúdo epistemológico, analisa as visões deformadas da ciência e da tecnologia transmitidas pelo próprio ensino, que estão contribuindo para o fracasso escolar e para as atitudes de recusa, e tentando sair desta situação. Esta análise mostra a necessidade de uma reorientação das estratégias educativas esboçando um novo modelo de aprendizagem das ciências como (re)construção de conhecimentos mediante um processo de investigação orientada em volta de situações problemáticas de interesse.

A terceira parte destina-se a responder a algumas críticas dirigidas a este modelo construtivista de aprendizagem como investigação. Para melhorar ilus-

trar a proposta, incluem-se exemplos de programas de actividades, destinados a orientar, respectivamente, a aprendizagem dos estudantes e a formação dos docentes.

Por último, o livro inclui uma quarta parte que, a modo de recapitulação, apresenta a evolução do *status* epistemológico da didáctica das ciências.

Prefácio

Este livro *A Necessária Renovação do Ensino das Ciências* foi idealizado visando sistematizar as idéias de um grupo de professores e pesquisadores em Ensino de Ciências, já apresentadas esparsamente em artigos publicados em revistas brasileiras e internacionais e que abordam questões essenciais para uma proposta de renovação do ensino de Ciências, tendo em vista a formação de uma nova geração de professores e pesquisadores para esta área do conhecimento.

O livro inicia-se com um capítulo provocativo e desafiador colocando a necessidade de uma educação científica para todos os cidadãos, discutindo em profundidade o conceito de alfabetização científica e propondo um ensino que vá além da tradicional transmissão de conhecimentos científicos favorecendo deste modo a participação dos cidadãos na tomada fundamentada de decisões.

Esse é um tema importante que deve estar presente em toda a formação inicial ou continuada de professores principalmente quando as Nações Unidas, face à gravidade e urgência dos problemas com a humanidade instituiu a 'Década por uma Educação para o Desenvolvimento Sustentável' que irá de 2005 a 2014 e cujo Manifesto, redigido pelo grupo dos 'Educadores pela sustentabilidade', do qual alguns dos autores deste livro fazem parte, colocamos no final deste prefácio.

A seguir vem uma essencial discussão de ordem epistemológica mostrando a influência desses conhecimentos no Ensino de Ciências. Essa discussão é apresentada nos três capítulos seguintes e têm por base artigos já publicados nas revistas *Ciência e Educação* e *Revista Iberoamericana de Educação* e que causaram impacto na comunidade dos professores e pesquisadores da área de Edu-

cação em Ciências. Esses artigos já aparecem citados nas dissertações de mestrados e teses de doutorados brasileiras mostrando a penetração das idéias expostas.

O primeiro destes três capítulos traz a problemática das visões deformadas da ciência e da tecnologia que encontramos no nosso cotidiano educacional desde as salas de aula, passando pelos livros textos e aparecendo até mesmo nos cursos de formação de novos professores. Sem uma discussão profunda sobre esses aspectos da construção das ciências e a tomada de consciência de que em todas as nossas aulas e/ou atividades educacionais nós transmitimos implicitamente uma determinada concepção de mundo e influenciemos assim a formação de nossos alunos não conseguiremos promover uma renovação da educação científica.

Os outros dois capítulos promovem a organização necessária para essa reorientação epistemológica da educação em ciência discutindo primeiramente aspectos como o problema, a teoria e a observação em ciências e a seguir a hipótese e a experiência científica. Estes aspectos, que influenciam o ensino e direcionam a nossa proposta de renovação da educação em ciências, estão nestes capítulos, discutidos com profundidade tanto em relação às atividades de ensino enfocando o papel dos professores e alunos quanto e principalmente na formação de professores.

Para uma renovação do ensino de ciências precisamos não só de uma renovação epistemológica dos professores, mas que essa venha acompanhada por uma renovação didática-metodológica de suas aulas. Agora não é só uma questão de tomada de consciência e de discussões epistemológicas, é também necessário um novo posicionamento do professor em suas classes para que os alunos sintam uma sólida coerência entre o falar e o fazer. Este é um ponto bastante complexo, pois os professores para o desenvolvimento de suas aulas necessitam de materiais instrucionais coerentes com uma proposta de ensino como investigação o que implica uma renovação também destes programas de atividades.

Os três capítulos seguintes abordam esses problemas. No primeiro explicitamos os nossos entendimentos das posições construtivistas na educação em ciências. Isso se faz necessário para mostrar com precisão de que construtivismo estamos falando, e um reforço em relação às nossas posições com as orientações epistemológicas já discutidas. Este capítulo teve origem em artigo publicado na revista *Science & Education*. Os outros dois capítulos são importantes exemplos de programas de atividades visando orientar o trabalho de

professores e alunos em um ensino por investigação. São exemplos importantíssimos para os cursos de formação de professores, pois uma discussão sobre esses programas de atividades traz aos futuros professores concretude sobre as renovações pretendidas.

Não estamos somente propondo discussões para uma renovação, estamos dando exemplos concretos de programas de atividades para serem aplicadas em salas de aulas visando promover essa renovação. Com esses exemplos criamos condições para que os professores possam testar as inovações educacionais propostas e discuti-las nos cursos de formação alcançando assim os dois fatores já mostrados como necessários para uma mudança didática: 1) favorecer a vivência de propostas inovadoras e a reflexão crítica explícita das atividades de sala de aula e 2) introduzir os professores na investigação dos problemas de ensino e aprendizagem de ciências tendo em vista superar o distanciamento entre contribuições da pesquisa educacional e a sua adoção.

Na última parte, que corresponde ao último capítulo, o livro apresenta um histórico de como a Didática das Ciências emergiu como um campo específico de conhecimentos. Ao apresentar esse histórico os autores mostram o desenvolvimento dos grupos de pesquisa em Portugal e na Espanha e o aparecimento das revistas especializadas na área de ensino de Ciências nestes dois países. É importante darmos também uma mui breve visão sobre o desenvolvimento desta área no Brasil abrangendo somente o início da criação dos cursos de Pós-Graduação e das revistas especializadas na área de ensino de Ciências.

Aqui também, ao longo dos anos 70, foram estruturados os primeiros grupos de pesquisas inicialmente somente na área de ensino de Física. Em 1970 foi organizado o primeiro Simpósio Nacional em Ensino de Física — SNEF — quando foram apresentados e discutidos os principais problemas desta área. A partir destas discussões os participantes do Simpósio tomaram consciência de duas grandes necessidades para a consolidação da área de ensino de Física no Brasil: a necessidade da elaboração de projetos nacionais para a melhoria do ensino de Física em nível médio com a criação de grupos de trabalho para esse fim e a organização de cursos de Pós-Graduação em Ensino de Ciências visando o aprofundamento e a sistematização dos trabalhos produzidos por diversos professores que já estavam pesquisando sobre esse tema.

Fruto do trabalho dos professores e pesquisadores que se envolveram com o problema de produzir material para o ensino de Física ao nível médio foram

publicados dois projetos: o PEF — Projeto de Ensino de Física, e o FAI — Física Auto-Instrutiva.

Em relação ao problema da Pós-Graduação a solução encontrada não foi única. No final da década de 70 foram estruturados dois cursos de Pós-Graduação. Na Universidade do Rio Grande do Sul foi criada uma área de concentração de ensino de Física dentro do curso de Pós-Graduação em Física. Na Universidade de São Paulo a partir de um esforço conjunto do Instituto de Física e da Faculdade de Educação, foi criado o curso de Pós-Graduação em Ensino de Ciências primeiramente na modalidade Física e hoje já participando também os Institutos de Química e Biologia. Assim neste curso as três áreas das Ciências estão integradas. A partir destes dois focos geradores foi-se criando novos cursos nas demais universidades brasileiras.

Paralelamente a estruturação dos cursos de Pós-Graduação foram surgindo as revistas especializadas. Em 1979, apareceu a primeira destas, publicada pela Sociedade Brasileira de Física — *Revista Brasileira de Ensino de Física*, hoje com publicação trimestral. Em 1980 é publicado o primeiro número da *Química Nova* com uma seção especial para o ensino de Química sob os auspícios da Sociedade Brasileira de Química. Em 1984 surgiu mais um periódico: os *Cadernos Catarinenses de Ensino de Física* hoje denominada *Cadernos Brasileiros de Ensino de Física* publicado pela Universidade Federal de Santa Catarina. Nos anos 90, a Sociedade Brasileira de Química cria uma revista especialmente para a área de ensino a *Química Nova na Escola* (1995) e os físicos organizam mais dois periódicos, agora não mais especificamente para a área de ensino de Física mais abrangendo o ensino das Ciências como um todo. Em 1994 é editado o primeiro número da revista *Ciência & Educação* pela UNESP — Universidade Estadual Paulista, campus de Bauru e em 1996 a revista *Investigações em Ensino de Ciências*, esta eletrônica situada no site do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A última revista organizada na área, em 2001, foi a *Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências* publicada pela Sociedade Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências.

Em uma análise destas publicações vemos perfeitamente duas tendências. Em termos de direcionamento as revistas vão do específico para o geral, isto é, das revistas específicas sobre ensino de Física da década de 70 para as de ensino das Ciências a partir da década de 90. Uma outra tendência foi a modificação do conteúdo abrangido. As primeiras abordam aspectos culturais e instrucionais do ensino de Física e de Química respectivamente, aceitando um amplo leque de trabalhos como artigos de divulgação científica, montagens

experimentais e utilização em aula, tópicos de Física/Química geral, em nível de profundidade adequado ao professor de Ensino médio, artigos de pesquisa em ensino e artigos sobre História e Filosofia das Ciências. Em contraposição as revistas que tiveram seus inícios a partir da década de 90 são direcionadas exclusivamente à área de pesquisa.

É importante salientar que todas as publicações brasileiras têm penetração nos países nossos vizinhos de língua espanhola e também que nossas revistas têm publicado com regularidade artigos recebidos neste idioma.

O livro termina analisando alguns dos desafios atuais para a área de ensino das Ciências e algumas perspectivas para o futuro.

Anna Maria Pessoa de Carvalho

Transcreve-se a seguir o Manifesto “Compromisso por uma educação para a sustentabilidade”. Este manifesto foi proposto no III Seminário Ibérico Ciências, Tecnologia e Sociedade — CTS — no Ensino das Ciências” (Aveiro, Portugal, junho 2004), acompanhando a comunicação, de autoria dos professores Daniel Gil-Perez e Amparo Vilches, “La atención al futuro en la educación ciudadana. Posibles obstáculos a superar para su incorporación en la enseñanza de las ciencias”. Discutido e aceito por consenso durante esse Encontro de Aveiro e assinado genericamente pelos “Educadores para a sustentabilidade”, foi então traduzido para outros idiomas além do espanhol e do português.

COMPROMISSO POR UMA EDUCAÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE

Vivemos numa situação de **autêntica emergência planetária**, marcada por toda uma série de graves problemas estreitamente relacionados: contaminação e degradação dos ecossistemas, esgotamento de recursos, crescimento incontido da população mundial, desequilíbrios insustentáveis, conflitos destrutivos, perda de diversidade biológica e cultural...

Esta situação de emergência planetária aparece associada a comportamentos individuais e coletivos orientados para a **procura de benefícios particulares e a curto prazo**, sem tomar em conta as suas conseqüências para com os outros ou para com as futuras gerações. Um comportamento fruto, em boa medida, da prática de centrar a atenção no mais próximo, espacial e temporalmente.

Em geral, nós, educadores, não prestamos a devida atenção a esta situação apesar de apelos como os das Nações Unidas nas Cimeiras da Terra (Rio 1992 e Johannesburgo 2002). Necessitamos, pois, de assumir um compromisso para que toda a educação, tanto formal (desde a escola primária até a universidade) como informal (museus, média...), preste sistematicamente atenção à situação do mundo, com a finalidade de proporcionar uma percepção correta dos problemas e de fomentar atitudes e comportamentos favoráveis para construir um desenvolvimento sustentável.

Deste modo pretende-se contribuir para formar cidadãos e cidadãs conscientes da gravidade e do caráter global dos problemas e prepará-los para participar na tomada de decisões adequadas.

Propomos, por isso, o lançamento da campanha **Compromisso para uma educação para a sustentabilidade**. O compromisso, em primeiro lugar, de **incorporar às nossas ações educativas a atenção da situação do mundo**, promovendo entre outros:

- Um consumo responsável, que se ajuste aos três R (Reduzir, Reutilizar e Reciclar), e responda aos pedidos do “Comércio justo”.
- A reivindicação e impulso de desenvolvimentos técnico-científicos favorecedores da sustentabilidade, com controlo social e a aplicação sistemática do princípio da precaução.
- Ações socio-políticas em defesa da solidariedade e da proteção do meio, à escala local e planetária, que contribuam para pôr fim aos desequilí-

brios insustentáveis e aos conflitos a eles associados, com uma decidida defesa da ampliação e generalização dos direitos humanos ao conjunto da população mundial, sem discriminações de nenhum tipo (étnicas, de gênero...).

- A superação, em definitivo, da defesa dos interesses e valores particulares em curto prazo e a compreensão de que a solidariedade e a proteção global da diversidade biológica e cultural constituem um requisito imprescindível para uma autêntica solução dos problemas.

O compromisso de multiplicar as iniciativas para implicar o conjunto dos educadores, com campanhas de difusão e consciencialização nos centros educativos, congressos, encontros, publicações... e o compromisso de garantir o acompanhamento cuidadoso das ações realizadas, divulgando-as para o seu melhor aproveitamento coletivo.

Apelamos, deste modo, a juntar-se às iniciativas da ***Década da Educação para o Desenvolvimento Sustentável***, que as Nações Unidas promovem de 2005 a 2014.

Educadores pela sustentabilidade



PRIMEIRA PARTE

A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA COMO OBJECTIVO SOCIAL PRIORITÁRIO

Tal e como assinalámos na Apresentação, dedicaremos esta primeira parte, que inclui um único capítulo, a mostrar o carácter de objectivo social prioritário da educação científica na sociedade actual, tanto para a preparação de futuros científicos, como para a formação de cidadãos susceptíveis de participar na tomada fundamentada de decisões em torno de problemas sócio-científicos e sócio-tecnológicos cada vez mais complexos. Pretendemos, muito particularmente, fazer face a algumas críticas, aparentemente bem fundamentadas (e que são assumidas por amplos sectores do professorado) contra as propostas de alfabetização científica como elemento essencial da educação básica do conjunto da cidadania.

CAPÍTULO 1. *Importância da educação científica na sociedade actual*



Capítulo 1*

Importância da Educação Científica na Sociedade Actual

Assistimos actualmente a um debate importante sobre a conveniência, ou não, de promover a alfabetização científica da generalidade da população. O objectivo deste primeiro capítulo é apresentar e discutir em profundidade os argumentos esgrimidos a favor e contra, para adoptar uma postura fundamentada sobre o papel da educação científica na sociedade actual. Começaremos pelas razões habitualmente apresentadas a favor da referida alfabetização.

Que razões podem avaliar a necessidade de uma educação científica para todos os cidadãos?

As propostas actuais favoráveis a uma alfabetização científica para todos os cidadãos vão mais além da tradicional importância concedida — mais verbal do que real — à educação científica e tecnológica, para tornar possível o desenvolvimento futuro. Essa educação científica converteu-se, na opinião dos especialistas, numa exigência urgente, num factor essencial do desenvolvimento das pessoas e dos povos, *também a curto prazo*.

* Este capítulo teve por base o seguinte trabalho: GIL-PÉREZ, D. e VILCHES, A. (2004). ¿Alfabetización científica del conjunto de la ciudadanía? Un debate crucial. *Cultura y Educación* (no prelo).

Assim se afirma, por exemplo, nos National Science Education Standards, auspiciado pelo National Research Council (1996), em cuja primeira página podemos ler: “Num mundo repleto pelos produtos da indagação científica, a alfabetização científica converteu-se numa necessidade para todos: todos necessitamos utilizar a informação científica para realizar opções que se nos depa-ram a cada dia; todos necessitamos ser capazes de participar em discussões públicas sobre assuntos importantes que se relacionam com a ciência e com a tecnologia; e todos merecemos compartilhar a emoção e a realização pessoal que pode produzir a compreensão do mundo natural”. Por isso, não se estranha que se tenha chegado a estabelecer uma analogia entre a alfabetização básica, iniciada no século passado, e o actual movimento de alfabetização científica e tecnológica (Fourez, 1997).

Mais recentemente, na Conferência Mundial sobre a Ciência para o Século XXI, auspiciada pela UNESCO e pelo Conselho Internacional para a Ciência declarava-se: “Para que um País esteja em condições de satisfazer as necessidades fundamentadas da sua população, o ensino das ciências e a tecnologia é um imperativo estratégico. Como parte dessa educação científica e tecnológica, os estudantes deveriam aprender a resolver problemas concretos e a satisfazer as necessidades da sociedade, utilizando as suas competências e conhecimentos científicos e tecnológicos”. E acrescenta-se: “Hoje, mais do que nunca, é necessário fomentar e difundir a alfabetização científica em todas as culturas e em todos os sectores da sociedade, ... a fim de melhorar a participação dos cidadãos na tomada de decisões relativas à aplicação dos novos conhecimentos” (Conferencia Mundial sobre la Ciencia, Budapeste, 1999).

A importância concedida à alfabetização científica de todas as pessoas tem sido também ressaltada num grande número de trabalhos de investigação, publicações, congressos e encontros, que se vão realizando, sob o lema de *Ciência para todos* (Bybee e DeBoer, 1994; Bybee, 1997; Marco, 2000). De facto, estão a ser levadas a cabo, em muitos países, reformas educativas que contemplam a alfabetização científica e tecnológica como uma das suas principais finalidades.

O reconhecimento desta importância crescente atribuída à educação científica, exige o estudo atento de como conseguir tal objectivo e, particularmente, de quais são os obstáculos que se opõe à sua execução. Com efeito, a investigação em didáctica das ciências mostrou reiteradamente o elevado insucesso escolar, assim como a falta de interesse e, inclusivamente, repulsa, que as matérias científicas geram (Simpson et al., 1994; Giordan, 1997; Furió e Vilches, 1997).

Encontramo-nos, assim, face a um reconhecimento alargado da necessidade de uma *alfabetização científica*, expressão que é, como temos visto nos parágrafos anteriores, largamente utilizada na actualidade, e cujo significado interessa analisar.

Que entender por alfabetização científica?

O conceito de alfabetização científica, hoje em voga, conta já com uma tradição que remonta, pelo menos, a finais dos anos 50 (DeBoer, 2000). Mas foi, sem dúvida, durante a última década, que essa expressão adquiriu o estatuto de “*slogan*”, ampla e repetidamente utilizado pelos investigadores, responsáveis pelos curricula e professores de ciências (Bybee, 1977). Segundo Bybee, é a expressão de um amplo movimento educativo que se reconhece e mobiliza atrás do símbolo da “*alfabetização científica*”, mas que acarreta, ao mesmo tempo, o perigo de uma ambiguidade que permite a cada pessoa atribuir-lhe significados distintos, e explica as dificuldades em conseguir um consenso sobre como e para onde direccionar a sua aplicação.

De facto, desde 1995, publicações como o *Journal of Research in Science Teaching* apresentam editoriais solicitando contribuições que fizessem propostas coerentes neste campo de investigação e inovação educativas.

Bybee sugere a aproximação ao conceito aceitando o seu carácter de metáfora, o que permite, no início, afastar a simplificação imprópria do conceito de seu significado literal: uma alfabetização científica, ainda que tenha de incluir a utilização de vocabulário científico, não se deve limitar a essa definição funcional. Conceber a alfabetização científica como uma metáfora permite, pois, enriquecer o conteúdo que atribuímos aos termos, e obriga, ao mesmo tempo, à sua clarificação.

Podemos assinalar, por exemplo, que a ideia de alfabetização sugere uns objectivos básicos para todos os estudantes, que convertem a educação científica em parte de uma educação geral. O desenvolvimento de qualquer programa de educação científica, como nos indica Bybee, deveria começar com propósitos correspondentes a uma educação geral. Mais ainda, falar de alfabetização científica, de ciência para todos, supõe pensar num mesmo currículo básico para todos os estudantes, como propõe, por exemplo, o *National Science Curriculum Standards* (National Research Council, 1996) e requer estratégias que evitam a repercussão das desigualdades sociais no âmbito educativo (Bybee e DeBoer, 1994; Baker, 1998; Marchesi, 2000).

Mas qual deveria ser esse currículo científico básico para todos os cidadãos? Marco (2000) assinala certos elementos comuns nas diversas propostas que gerou este amplo movimento de alfabetização científica:

- Alfabetização científica prática, que permita utilizar os conhecimentos na vida diária com o fim de melhorar as condições de vida, o conhecimento de nós mesmos, etc.
- Alfabetização científica cívica, para que todas as pessoas possam intervir socialmente, com critério científico, em decisões políticas.
- Alfabetização científica cultural, relacionada com os níveis da natureza da ciência, com o significado da ciência e da tecnologia e a sua incidência na configuração social.

Por outro lado, Reid e Hodson (1993) propõem que uma educação dirigida para uma cultura científica básica deveria conter:

- Conhecimentos de ciência — certos factos, conceitos e teorias.
- Aplicações do conhecimento científico — a utilização de tal conhecimento em situações reais e simuladas.
- Saberes e técnicas da ciência — familiarização com os procedimentos da ciência e a utilização de aparelhos e instrumentos.
- Resolução de problemas — aplicação de saberes, técnicas e conhecimentos científicos a investigações reais.
- Interação com a tecnologia — resolução de problemas práticos, ênfase científica, económica e social e aspectos utilitários das soluções possíveis.
- Questões sócio-económico-políticas e ético-morais na ciência e na tecnologia.
- História e desenvolvimento de ciência e tecnologia.
- Estudo da natureza da ciência e a prática científica — considerações filosóficas e sociológicas centradas nos métodos científicos, o papel e estatuto da teoria científica e as actividades da comunidade científica.

Para ir mais além de uma utilização superficial do conceito de alfabetização científica, Bybee (1997) propõe distinguir certos graus de alfabetização que denomina, respectivamente, “analfabetismo”, “alfabetização nominal”, “funcional”, “conceptual e procedimental” e, por último, “multidimensional”. Vamos deter-nos no significado que dá a esta última.

A alfabetização científico-tecnológica multidimensional, como assinala Bybee “estende-se mais além do vocabulário, dos esquemas conceptuais e dos métodos procedimentais, para incluir outras dimensões da ciência: devemos ajudar os estudantes a desenvolver perspectivas da ciência e da tecnologia que incluíam a história das ideias científicas, a natureza da ciência e da tecnologia e o papel de ambas na vida pessoal e social. Este é o nível multidimensional da alfabetização científica (...) Os estudantes deveriam alcançar uma certa compreensão e apreciação global da ciência e da tecnologia como empresas que foram e continuam a ser parte da cultura”.

Podemos apreciar, pois, uma convergência básica de diferentes autores na necessidade de ir mais além da habitual transmissão de conhecimentos científicos, de incluir uma aproximação à natureza da ciência e à prática científica e, sobretudo, de enfatizar as relações ciência-tecnologia-sociedade-ambiente, de modo a favorecer a participação dos cidadãos na tomada fundamentada de decisões (Aikenhead, 1985).

Tratam-se de aspectos sobre os quais teremos oportunidade de aprofundar ao longo dos capítulos do livro. Antes é necessário determo-nos na análise da argumentação de alguns autores que têm vindo a pôr em causa a conveniência e, inclusivamente, a possibilidade de que a generalidade dos cidadãos adquiram uma formação científica realmente útil.

Alfabetização científica e tecnológica: necessidade ou mito irrealizável?

A possibilidade e conveniência de educar cientificamente o conjunto da população foi questionada por alguns autores (Atkin e Helms, 1993; Shamos, 1995; Fensham, 2002a; 2002b), em trabalhos bem documentados que pretendem “sacudir aparentes evidências”, como seria, na sua opinião, a necessidade de alfabetizar cientificamente toda a população, algo que Shamos classifica de autentico mito no seu livro *The Myth of Scientific Literacy* (Shamos, 1995). Convém, pois, prestar atenção aos argumentos críticos destes autores e analisar mais cuidadosamente as razões que justificam as propostas de “ciência para todos”.

Na opinião de Fensham (2002b), o movimento ciência para todos e as primeiras discussões sobre a alfabetização científica baseavam-se em duas ideias preconcebidas. A primeira, que denomina tese pragmática, considera que, dado que as sociedades estão cada vez mais influenciadas pelas ideias e produtos de ciência e, sobretudo, de tecnologia, os futuros cidadãos desenvolver-se-ão melhor se adquirirem uma base de conhecimentos científicos. A segunda, ou tese

democrática, supõe que a alfabetização científica permite aos cidadãos participar nas decisões que as sociedades devem adoptar em torno a problemas sócio-científicos e sócio-tecnológicos cada vez mais complexos.

No entanto, a tese pragmática, como Fensham afirma, não leva em conta o facto de que a maioria dos produtos tecnológicos sejam concebidos para que os utilizadores não tenham nenhuma necessidade de conhecer os princípios científicos em que se baseiam para os poder utilizar. Há que reconhecer que esta é uma crítica fundamentada: ninguém se pode desenvolver hoje sem saber ler e escrever ou sem dominar as operações matemáticas mais simples. Mas milhões de cidadãos, incluindo eminentes personalidades, em qualquer sociedade, reconhecem a sua falta de conhecimentos científicos, sem que isso tenha limitado em nada a sua vida prática. A analogia entre alfabetização básica e alfabetização científica, como concluíram já Atkin e Helms (1993), não se mantêm.

No que diz respeito à tese democrática, pensar que uma sociedade cientificamente alfabetizada está em melhor situação para actuar racionalmente face aos problemas sócio-científicos, constitui, segundo Fensham, uma ilusão que ignora a complexidade dos conceitos científicos implicados, como sucede, por exemplo, no Aquecimento Global. É absolutamente irrealista, acrescenta, acreditar que este nível de conhecimentos possa ser adquirido, nem sequer nas melhores escolas. Um facto clarificador a esse respeito é o resultado de um inquérito financiado pela American Association for the Advancement of Sciences (AAAS), que consistiu em pedir a uma centena de eminentes investigadores de diferentes disciplinas que enumerassem os conhecimentos científicos que deveriam repartir-se pelos anos de escolarização obrigatória para garantir uma adequada alfabetização científica das crianças norte-americanas. O número total de aspectos a cobrir, assinala Fensham, desafia o entendimento e é superior à soma de todos os conhecimentos actualmente ensinados aos estudantes de elite que se preparam para ser os futuros cientistas.

Argumentos como estes são os que levam autores como Shamos, Fensham, etc., a considerar a alfabetização científica como um mito irrealizável, além disso, causador de um gasto desnecessário de recursos. Devemos pois renunciar à ideia de uma educação científica básica para todos? Não é essa a nossa opinião, mas críticas como as de Fensham obrigam, a quem como nós concebe a alfabetização científica como uma componente essencial das humanidades, assente nos pontos que recomendam que a educação científica e tecnológica seja parte de uma cultura geral para toda a cidadania, sem a apresentar simplesmente como algo óbvio.

Contribuição da alfabetização científica para a formação de cidadãos

Propomo-nos analisar nesta secção, com certo cuidado, o que a educação científica e tecnológica pode realmente trazer à formação dos cidadãos.

Como já referimos, numerosas investigações, projectos educativos como o National Science Education Standards (National Research Council, 1996) e conferências internacionais como a Conferência Mundial sobre a Ciência para o Século XXI (Declaração de Budapeste, 1999), colocar o assento na necessidade de uma formação científica que permita aos cidadãos participar na tomada de decisões, em assuntos que se relacionam com a ciência e tecnologia.

Este argumento “democrático” é, talvez, o mais amplamente utilizado por quem reclama a alfabetização científica e tecnológica como uma componente básica da educação para a cidadania (Fourez, 1997; Bybee, 1997; DeBoer, 2000; Marco, 2000 ...). É também o que autores como Fensham (2002a; 2002b) questionam mais directamente e explicitamente, argumentado, como já vimos, que o conhecimento científico, susceptível de orientar a tomada de decisões, exige um aprofundamento que só é acessível aos especialistas. Analisaremos, pois, os seus argumentos que não são, em absoluto, triviais, e que, na sua opinião e na de outros autores em que se fundamentam, questionariam as propostas de educação científica para todos.

Tentaremos mostrar, no entanto, que essa participação, na tomada fundamentada de decisões, necessita por parte dos cidadãos, mais do que um nível de conhecimento muito elevado, a vinculação de um mínimo de conhecimentos específicos, perfeitamente acessível a todos, com abordagens globais e considerações éticas que não exigem especialização alguma. Mais concretamente, tentaremos mostrar que a posse de profundos conhecimentos específicos, como os que têm os especialistas num determinado campo, não garante a adopção de decisões adequadas, mas garantem a necessidade de enfoques que contemplem os problemas numa perspectiva mais ampla, analisando as possíveis repercussões a médio e longo prazo, tanto no campo considerado como em qualquer outro. É deste modo que podem contribuir pessoas que não sejam especialistas, com perspectivas e interesses mais amplos, sempre que possuam um mínimo de conhecimentos científicos específicos sobre a problemática estudada, sem os quais é impossível compreender as opções em jogo e participar na adopção de decisões fundamentadas. Esperamos, deste modo, responder aos argumentos daqueles que consideram a alfabetização científica do conjunto dos cidadãos um mito irrealizável e, portanto, sem verdadeiro interesse.

Analisaremos para isso, como exemplo paradigmático, o problema criado pelos fertilizantes químicos e pesticidas que, a partir da Segunda Guerra Mundial, produziram uma verdadeira revolução agrícola, incrementando naturalmente a produção. Recorde-se que a utilização de produtos de síntese para combater os insectos, pragas, doenças e fungos aumentou a produtividade num período em que um notável crescimento da população mundial assim o exigia. Recorde-se igualmente que alguns anos depois a Comissão Mundial do Meio Ambiente e do Desenvolvimento (1988) advertia que o seu excesso constitui uma ameaça para a saúde humana, provocando desde malformações congénitas até cancro, e sendo autênticos venenos para peixes, mamíferos e pássaros. Por estes motivos, tais substâncias que se acumulam nos tecidos dos seres vivos, chegaram a ser denominados, juntamente com outras igualmente tóxicas, “Contaminantes Orgânicos Persistentes” (COP).

Este envenenamento do planeta pelos produtos químicos de síntese, e em particular pelo DDT, já tinha sido denunciado nos finais dos anos 50 por Rachel Carson (1980) no seu livro *Primavera Silenciosa* (título que faz referência ao desaparecimento dos pássaros) em que apresenta abundantes provas dos efeitos nocivos do DDT... o que não impediu que fosse violentamente criticada e sofresse ataques muito duros por parte da indústria química, dos políticos e *de muitos cientistas*, que não deram valor às suas provas e acusaram-na de estar contra o progresso que permitia dar de comer a uma população crescente e salvar, assim, muitas vidas humanas. No entanto, apenas 10 anos mais tarde reconheceu-se que o DDT era realmente um perigoso veneno e proibiu-se a sua utilização no mundo rico, ainda que, infelizmente, continuou a ser utilizado nos países em desenvolvimento.

O que nos interessa destacar aqui à que a batalha contra o DDT foi feita por cientistas como Rachel Carson em confluência com grupos de cidadãos que foram sensíveis às suas chamadas de atenção e argumentos. De facto Rachel Carson é hoje recordada como a “mãe do movimento ecologista”, pela enorme influência que teve o seu livro no surgimento de grupos activistas que reivindicaram a necessidade da protecção do meio ambiente, assim como na origem do denominado movimento CTSA (ciência-tecnologia-sociedade-ambiente). Sem a acção destes grupos de cidadãos com capacidade para compreender os argumentos de Carson, a proibição só teria ocorrido muito mais tarde, com efeitos ainda mais devastadores. Convém, pois, chamar a atenção sobre a influência destes “activistas informados” e a sua indubitável participação na tomada de decisões, ao fazer seus os argumentos de Carson e exigir controlos rigorosos dos efeitos do DDT, que acabaram por convencer a comunidade científica e,

posteriormente, os legisladores, obrigando à sua proibição. Convém assinalar também que muitos cientistas, com um nível de conhecimentos sem dúvida muito superior ao desses cidadãos, não souberam ou não quiseram ver, inicialmente, os perigos associados ao uso de pesticidas.

Podemos mencionar muitos outros exemplos similares, como, entre outros, os relacionados com a construção das centrais nucleares e o armazenamento dos resíduos radioactivos; a utilização dos CFC's, destruidores da camada de ozônio; o aumento do efeito de estufa, devido fundamentalmente à crescente emissão de CO₂, que ameaça com uma alteração climática global de consequências devastadoras; os alimentos manipulados geneticamente, etc., etc.

Convém deter-se minimamente no exemplo dos alimentos transgénicos, que está a suscitar actualmente os debates mais acesso e que pode ilustrar perfeitamente o papel da cidadania na tomada de decisões. Também neste campo as coisas apresentam-se como algo positivo que, entre outras vantagens, poderia reduzir o uso de pesticidas e herbicidas e converter-se na “solução definitiva para o problema da fome no mundo”. Algo que, além disso, abria enormes possibilidades no campo da saúde, para o tratamento e cura de doenças incuráveis com os conhecimentos e técnicas actuais. Assim, em 1998, o director geral de uma das mais fortes e conhecidas empresas de organismos manipulados geneticamente (OGM) e alimentos derivados, na assembleia anual da Organização da Indústria da Biotecnologia, afirmou que, “de algum modo vamos ter que pensar em como vamos abastecer de alimentos uma procura que duplica a actual, sabendo que é impossível duplicar a superfície cultivável. É também impossível aumentar a produtividade usando as tecnologias actuais, sem criar graves problemas à sustentabilidade da agricultura (...). A biotecnologia representa uma solução potencialmente sustentável ao problema da alimentação” (Vilches e Gil-Pérez, 2003).

Mas nem todos estiveram de acordo com uma visão tão optimista e rapidamente surgiram as preocupações pelos riscos possíveis para o meio ambiente, para a saúde humana, para o futuro da agricultura, etc. Uma vez mais, como assinalaram os críticos, pretende-se proceder a uma aplicação apressada de tecnologias cujas repercussões não foram suficientemente investigadas, sem ter garantias razoáveis de que não apareceram efeitos nocivos... como ocorreu com os pesticidas, que também foram saudados como a “solução definitiva” ao problema da fome e de muitas doenças infecciosas.

Encontramo-nos, pois, com um amplo debate aberto, com estudos inacabados e resultados parciais contrapostos (muitos deles apresentados pelas pró-

prias empresas produtoras). Essas discrepâncias entre os próprios cientistas são esgrimidas como argumento para questionar a participação dos cidadãos num debate “em que nem sequer os cientistas, com conhecimentos muito superiores, estão de acordo”. Mas cabe insistir, uma vez mais, que a tomada de decisões não pode basear-se exclusivamente em argumentos científicos específicos. Pelo contrário, as preocupações que despertam a utilização destes produtos, e as dúvidas sobre as suas repercussões, recomendam que os cidadãos tenham a oportunidade de participar no debate e exigir uma estrita aplicação do princípio da prudência, que não questiona, desde logo, o desenvolvimento da investigação nem neste nem noutro campo, mas opõe-se à aplicação apressada, sem garantias suficientes, dos novos produtos, pelo desejo do benefício a curto prazo. É, pois, absolutamente lógico que tenha surgido um amplo movimento de repulsa entre os consumidores, apoiado por um amplo sector da comunidade científica, até à comercialização precipitada e pouco transparente destes alimentos manipulados geneticamente. Cabe assinalar que esta repulsa está a dar frutos notáveis, como a assinatura em Montreal do Protocolo de Biosegurança em Fevereiro de 2000 por 130 países, apesar das enormes dificuldades prévias e pressões dos países produtores de organismos modificados geneticamente. Tal protocolo, assinado no convénio sobre Segurança Biológica da ONU, pressupõe um passo importante na legislação internacional (ainda que todavia não plenamente consolidado, pela falta de assinaturas como a dos EUA), posto que obriga a demonstrar a segurança antes de comercializar os produtos, evitando assim que se repitam os graves erros do passado.

Devemos insistir em que esta participação dos cidadãos na tomada de decisões, que se traduz, em geral, em evitar a aplicação apressada de inovações das que se desconhecem as consequências a médio e longo prazo, não supõe nenhum impedimento ao desenvolvimento da investigação, nem para a introdução de inovações para as que existam razoáveis garantias de segurança. De facto, a opinião pública não se opõe, por exemplo, à investigação com células-mãe embrionárias. Pelo contrário, apoia a maioria da comunidade científica que reclama que se levante a proibição introduzida em alguns países devido à pressão de grupos ideológicos fundamentalistas.

Em definitivo, a participação dos cidadãos na tomada de decisões é hoje um facto positivo, uma garantia de aplicação do princípio de precaução, que se apoia numa crescente sensibilidade social face às implicações do desenvolvimento tecno-científico que pode comportar riscos para as pessoas ou para o meio ambiente. Tal participação, temos que insistir, reclamam um mínimo de formação científica que torne possível a compreensão dos problemas e das op-

ções — que se podem e devem expressar com uma linguagem acessível — e não há-de ver-se afastada com o argumento de que problemas como a mudança climática ou a manipulação genética sejam de uma grande complexidade. Naturalmente são precisos estudos científicos rigorosos, mas tão pouco eles, por si só, chegam para adoptar decisões adequadas, posto que, frequentemente, a dificuldade fundamenta-se não na falta de conhecimentos, mas sim na ausência de uma abordagem global que avalie os riscos e contemple as possíveis consequências a médio e longo prazo. Muito ilustrativo a este respeito pode ser o enfoque dado às catástrofes anunciadas, como a provocada pelo afundamento de petroleiros como o Exxon Valdez, Erika, Prestige, ... que se tentam apresentar como “acidentes” (Vilches e Gil-Pérez, 2003).

Tudo isto constitui um argumento decisivo a favor de uma alfabetização científica do conjunto dos cidadãos, cuja necessidade surge cada vez com mais clareza face à situação de autêntica “emergência planetária” (Bybee, 1991) que estamos a viver. Assim, na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992 e conhecida como a Primeira Cimeira da Terra, reclamou-se uma acção decidida dos educadores para que os cidadãos adquiram uma correcta percepção de qual é essa situação e possam participar na tomada fundamentada de decisões (Edwards et al., 2001; Gil-Pérez et al., 2003; Vilches e Gil-Pérez, 2003). Como assinalam Hicks e Holden (1995), se os estudantes têm de chegar a ser cidadãos responsáveis é preciso que lhes proporcionemos oportunidades para analisar os problemas globais que caracterizam essa situação de emergência planetária e considerar as possíveis soluções.

Assim pois, a alfabetização científica não só não constitui um “mito ir-realizável” (Shamos, 1995), como se impõe antes como uma dimensão essencial da cultura de cidadania. Cabe assinalar, por outro lado, que a reivindicação desta dimensão não é fruto de “uma ideia pré-concebida” aceite acriticamente, como afirma Fensham (2002a; 2002b). Muito pelo contrário, o prejuízo foi e continua a ser que a “maioria da população é incapaz de aceder aos conhecimentos científicos, que exigem um alto nível cognitivo”, o que implica, obviamente, reserva-los a uma pequena elite. A recusa da alfabetização científica recorda assim a sistemática resistência histórica dos privilegiados à extensão da cultura e à generalização da educação (Gil-Pérez e Vilches, 2001-2004). A sua reivindicação faz parte da batalha das forças progressistas para vencer ditas resistências, que constituem o verdadeiro prejuízo acrítico. Podemos recordar a este respeito a frase do grande cientista francês Paul Langevin, que em 1926 escrevia: “em reconhecimento do papel desempenha-

do pela ciência na libertação dos espíritos e a confirmação dos direitos do Homem, o movimento revolucionário faz um esforço considerável para introduzir o ensino das ciências na cultura geral e dar forma a essas humanidades modernas que ainda não conseguimos estabelecer”.

No entanto, não parece que esse reconhecimento se tenha generalizado depois de todos estes anos. Como assinalávamos no início do capítulo, são numerosas as investigações que referem a falta de interesse dos alunos para os estudos científicos. Poderíamos perguntar se na realidade não é de esperar esse desinteresse face ao estudo de uma actividade tão abstracta e complexa como a ciência?

As acusações de dogmatismo, de abstracção formalista carente de significância etc., podem considerar-se justas se se referem ao modo como o ensino apresenta habitualmente essas matérias. Mas, como aceitar que o desenvolvimento da Mecânica, ou de qualquer outro campo da ciência, constitua uma matéria abstracta, puramente formal? Basta analisar-se a história das ciências para se dar conta do carácter de verdadeira aventura, de luta apaixonada e apaixonante pela liberdade de pensamento — em que não faltaram nem perseguições nem condenações — que o desenvolvimento científico teve.

A recuperação desses aspectos históricos e de relações Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA), sem deixar de lado os problemas que protagonizam um papel central no questionar de dogmatismos e na defesa da liberdade de investigação e pensamento, pode contribuir para devolver à aprendizagem das ciências a vitalidade e relevância do próprio desenvolvimento científico. Os debates sobre o heliocentrismo, o evolucionismo, a síntese orgânica, a origem da vida, ... constituem exemplos relevantes.

Mas a aprendizagem das ciências pode e deve ser também uma aventura potenciadora do espírito crítico no sentido mais profundo: a aventura que supõe enfrentar problemas abertos, participar na tentativa de construção de soluções ... a aventura, em definitivo, de fazer ciência. O problema é que a natureza da ciência surge distorcida na educação científica, inclusivamente, na universitária. Apresenta a necessidade de superar visões deformadas e empobrecidas da ciência e tecnologia, socialmente aceites, que afectam os próprios professores.

Dedicaremos o Capítulo 2 a questionar essas visões deformadas, mas antes, para terminar este capítulo, discutiremos outra das razões esgrimidas contra a ideia de alfabetização científica de toda a população.

Alfabetização científica versus preparação de futuros cientistas

Antes de considerar como válida a ideia de uma alfabetização científica de todos os cidadãos, convém reflectir sobre os possíveis efeitos negativos desta orientação sobre a preparação de futuros cientistas.

Uma tese frequentemente aceite por responsáveis dos curricula e pelos professores de ciências é que a educação científica tem estado orientada para preparar os estudantes como se todos pretendessem chegar a ser especialistas em Biologia, Física ou Química. Por isso — afirma-se — os curricula apresentavam, como objectivos prioritários, que os estudantes soubessem, fundamentalmente, os conceitos, princípios e leis dessas disciplinas.

Tal orientação deveria modificar-se — explica-se — porque a educação científica se apresenta como parte de uma educação geral para todos os futuros cidadãos. É o que justifica, argumenta-se, a ênfase das novas propostas curriculares nos aspectos sociais e pessoais, uma vez que se trata de ajudar a grande maioria da população a tomar consciência das complexas relações entre ciência e sociedade, de modo a permitir-lhes participar na tomada de decisões e, em definitivo, considerar a ciência como parte da cultura do nosso tempo.

Esta aposta numa educação científica para a formação dos cidadãos, em vez de orientada para a preparação de futuros cientistas, gera resistências em numerosos professores, que argumentam, legitimamente, que a sociedade necessita de cientistas e tecnólogos que têm de se formar e de ser adequadamente seleccionados desde os estádios iniciais.

Tais atitudes — tanto a que defende a alfabetização científica para todos, como a que dá prioridade à formação de futuros cientistas — observa-se claramente uma mesma aceitação da contraposição entre tais objectivos. Mas é preciso denunciar a falácia desta contraposição entre as referidas orientações curriculares e dos argumentos que supostamente a avalizam.

Cabe insistir, em primeiro lugar, que uma educação científica, como a defendida até aqui, tanto no secundário como na universidade, centrada quase exclusivamente nos aspectos conceptuais, é igualmente criticável como preparação de futuros cientistas. Esta orientação transmite uma visão deformada e empobrecida da actividade científica, que não só contribui para uma imagem pública da ciência como algo alheio e inatingível — quando não recusável —, mas também faz diminuir drasticamente o interesse e dedicação dos jovens (Mathews, 1991 e Solbes e Vilches, 1997).

Já assinalamos que dedicaremos o próximo capítulo a analisar tais deformações, estudando as suas consequências e a forma de as superar. Aqui terminaremos insistindo que este ensino centrado nos aspectos conceptuais, supostamente orientado para a formação de futuros cientistas dificulta, paradoxalmente, a aprendizagem conceptual. Com efeito, a investigação em didáctica das ciências mostra que “os estudantes desenvolvem melhor a sua compreensão conceptual e aprendem mais sobre a natureza da ciência quando participam em investigações científicas, com tal de que haja suficientes oportunidades e apoio para a reflexão” (Hodson, 1992). Dito por outras palavras, o que a investigação está a mostrar é que a compreensão significativa dos conceitos exige superar o reducionismo conceptual e apresentar o ensino das ciências como uma actividade, próxima à investigação científica, que integre os aspectos conceptuais, procedimentais e axiológicos.

Por trás da ideia de alfabetização científica não deve ver-se, pois, um “desvio” ou “rebaixamento” para tornar acessível a ciência à generalidade dos cidadãos, mas antes uma reorientação do ensino absolutamente necessária também para os futuros cientistas; necessária para modificar a imagem deformada da ciência hoje socialmente aceite e lutar contra os movimentos anti-ciência que daí derivam; necessária, inclusivamente, para tornar possível uma aquisição significativa dos conceitos.

De forma alguma se pode aceitar, pois, que o habitual reducionismo conceptual constitua uma exigência da preparação de futuros cientistas, contrapondo-a às necessidades de alfabetização científica dos cidadãos. A melhor formação científica inicial que pode receber um futuro cientista é integrado no conjunto dos cidadãos. Esta convergência surge de uma forma todavia mais clara quando se analisam com algum detalhe as propostas de alfabetização científica e tecnológica (Bybee, 1997). A tese básica de Bybee — coincidente, no essencial, com numerosos autores — diz que tal alfabetização exige, precisamente, a imersão dos estudantes numa cultura científica. O conjunto deste livro destina-se a apresentar com algum detalhe o que entendemos por essa imersão.

Referências bibliográficas neste capítulo 1

- AIKENHEAD, G. S. (1985). Collective decision making in the social context of science. *Science Education*, 69(4), 453-475.
- ATKIN, J. M. e HELMS, J. (1993). Getting serious about priorities in science education. *Studies in Science Education*, 21, 1-20.

- BAKER, D. R. (1998). Equity Issues in Science Education. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber.
- BYBEE, R. W. (1991). Planet Earth in crisis: how should science educators respond? *The American Biology Teacher*, 53 (3), 146-153.
- BYBEE, R. (1997). Towards an Understanding of Scientific Literacy. Em Gräber, W. e Bolte, C. (Eds.) *Scientific Literacy*. Kiel: IPN.
- BYBEE, R. e DEBOER, G. B. (1994). Research on goals for the science curriculum. Em Gabel, D. L. (Ed.) *Handbook of Research en Science Teaching and Learning*. New York: McMillan P. C.
- CARSON, R. (1980). *Primavera Silenciosa*. Barcelona: Grijalbo.
- COMISIÓN MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE y DEL DESARROLLO (1988). *Nuestro Futuro Común*. Madrid: Alianza.
- DEBOER, G. B. (2000). Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582-601.
- CONFERENCIA MUNDIAL SOBRE LA CIENCIA (1999). La Ciencia para el siglo XXI — Un nuevo compromiso. Budapest. UNESCO, Paris, 2000.
- EDWARDS, M., GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., PRAIA, J., VALDÉS, P., VITAL, M. L., CAÑAL, P., DEL CARMEN, L., RUEDA, C. e TRICÁRICO, H. (2001). Una propuesta para la transformación de las percepciones docentes acerca de la situación del mundo. Primeros resultados. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 15, 37-67.
- FENSHAM, P. J. (2002a). Time to change Drivers for Scientific Literacy. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(1), 9-24.
- FENSHAM, P. J. (2002b). De nouveaux guides pour l'alphabétisation scientifique. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(2), 133-149.
- FOUREZ, G. (1997). *Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Colihue.
- FURIÓ, C. e VILCHES, A. (1997). Las actitudes del alumnado hacia las ciencias y las relaciones ciencia, tecnología y sociedad. Em del Carmen, L. (Ed.), *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- GIORDAN, A. (1997). ¿Las ciencias y las técnicas en la cultura de los años 2000? *Kikiriki*, N° 44-45, 33-34.
- GIL-PÉREZ, D. e VILCHES, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43, 27-37.
- GIL-PÉREZ, D. e VILCHES, A. (2004). ¿Alfabetización científica del conjunto de la ciudadanía? Un debate crucial. *Cultura y Educación* (no prelo).
- GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., EDWARDS, M., PRAIA, J., MARQUES, L. e OLIVEIRA, T. (2003). A proposal to enrich teachers' perception of the state of the world. First results. *Environmental Education Research*, 9(1), 67-90.

- HICKS, D. e HOLDEN, C. (1995). Exploring The Future A Missing Dimension in Environmental Education. *Environmental Education Research*, 1(2), 185-193.
- HODSON, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14(5), 541-566.
- LANGÉVIN, P. (1926). La valeur éducative de l'histoire des sciences. *Bulletin de la Société Française de Pédagogie*, 22, décembre 1926.
- MARCHESI, A. (2000). Un sistema de indicadores de desigualdad educativa. *Revista Iberoamericana de Educación*, 23, 135-163.
- MARCO, B. (2000). La alfabetización científica. En Perales, F. y Cañal, P. (Eds.): *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 141-164. Alcoy: Marfil.
- MATTHEWS, M. R. (1991). Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las Ciencias. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 11-12, 141-155.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996). *National Science Education Standards*. Washington D.C.: National Academy Press.
- REID, D. V. e HODSON, D. (1993). *Ciencia para todos en secundaria*. Madrid: Narcea.
- SIMPSON, R. D., KOBALLA Jr., T. R., OLIVER, J. S. e CRAWLEY, F. E. (1994). Research on the affective dimension of science learning. Em Gabel, D. L. (Ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Pub Co., 211-236.
- SHAMOS, M. (1995). *The Myth of Scientific Literacy*. New Brunswick (NJ): Rutgers University Press.
- SOLBES, J. e VILCHES, A. (1997). STS interactions and the teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81(4), 377-386.
- VILCHES, A. e GIL-PÉREZ, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*. Madrid: Cambridge University Press.

SEGUNDA PARTE

PAPEL DA EPISTEMOLOGIA NO DESENVOLVIMENTO DA DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS E NA FORMAÇÃO DOS DOCENTES

Começaremos esta segunda parte analisando, no capítulo 2, as visões deformadas da ciência e da tecnologia transmitidas pelo próprio ensino, que estão contribuindo para o insucesso escolar, as atitudes de rejeição e, conseqüentemente, a grave carência de candidatos para estudos científicos superiores. Esta análise mostra a necessidade de uma reorientação das estratégias educativas e conduz ao esboço de um modelo de aprendizagem das ciências como investigação orientada, em torno de situações problemáticas de interesse. Em continuação, os capítulos 3 e 4 aprofundam os aspectos chaves da actividade científica, como contribuição para a necessária reorientação epistemológica da educação científica.

Estes são, pois, os capítulos que constituem esta segunda parte:

CAPÍTULO 2. *Superação das visões deformadas da ciência e da tecnologia: um requisito essencial para a renovação da educação científica*

CAPÍTULO 3. *Problema, Teoria e Observação em Ciência: para uma reorientação epistemológica da Educação em Ciência*

CAPÍTULO 4. *A Hipótese e a Experiência Científica em Educação em Ciência: contributos para uma reorientação epistemológica*



Capítulo 2*

Superação das visões deformadas da ciência e da tecnologia: Um requisito essencial para a renovação da educação científica

Temos dedicado o primeiro capítulo deste livro a expor as razões que apoiam a ideia de uma alfabetização científica para todos os cidadãos e cidadãs e temos analisado as reticências e barreiras sociais que se têm oposto (e continuam a opor-se) a uma educação científica generalizada, com argumentos que expressam implicitamente a oposição à ampliação do período de escolaridade obrigatória para todos os cidadãos, a suposta incapacidade da maioria da população para uma formação científica, etc.

A educação científica aparece assim como uma necessidade do desenvolvimento social e pessoal. Mas as expectativas postas na contribuição das ciências nas humanidades modernas (Langevin, 1926) não se tem cumprido, e assistimos

*Este capítulo está baseado no conteúdo dos seguintes artigos: GIL-PÉREZ, D., FERNÁNDEZ, I., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, A. e PRAIA, J. (2001). Por uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7 (2), 125-153.

MAIZTEGUI, A., ACEVEDO, J. A., CAAMAÑO, A., CACHAPUZ, A., CAÑAL, P., CARVALHO, A. M. P., DEL CARMEN, L., DUMAS CARRÉ, A., GARRITZ, A., GIL-PÉREZ, D., GONZÁLEZ, E., GRAS-MARTÍ, A., GUIASOLA, J., LÓPEZ-CEREZO J. A., MACEDO, B., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., MORENO, A., PRAIA, J., RUEDA, C., TRICÁRICO, H., VALDÉS, P. e VILCHES, A. (2002). Papel de la tecnología en la educación científica: una dimensión olvidada. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 129-155.

a um fracasso generalizado e, o que é pior, a uma crescente recusa dos estudantes para a aprendizagem das ciências e incluso para a própria ciência.

Esta preocupante distância entre as expectativas postas na contribuição da educação científica na formação de cidadãos conscientes das repercussões sociais da ciência — e susceptíveis de se incorporarem numa percentagem significativa, às suas tarefas — e a realidade de uma ampla recusa da ciência e da sua aprendizagem, tem terminado por dirigir a atenção para como se está levando a cabo essa educação científica.

Esta análise do ensino das ciências, tem mostrado entre outras coisas, graves discordâncias da natureza da ciência que justificam, em grande medida, tanto o fracasso de um bom número de estudantes, como a sua recusa à ciência. Compreendeu-se, pois, como afirmam Guilbert e Meloche (1993), que o melhoramento da educação científica exige como requisito iniludível, modificar a imagem da natureza da ciência que nós os professores temos e transmitimos.

Com efeito, numerosos estudos mostraram que o ensino transmite visões da ciência que se afastam notoriamente da forma como se constróem e evolucionam os conhecimentos científicos (McComas, 1998; Fernández, 2000; Gil-Pérez et al., 2001). Visões empobrecidas e distorcidas que criam o desinteresse, quando não a rejeição, de muitos estudantes e se convertem num obstáculo para a aprendizagem.

Isto está relacionado com o facto de que o ensino científico — incluindo o universitário — reduziu-se basicamente à apresentação de conhecimentos já elaborados, sem dar ocasião aos estudantes de se aproximarem das actividades características do trabalho científico (Gil-Pérez et al., 1999). Deste modo, as concepções dos estudantes — incluindo as dos futuros docentes — não se afastam daquilo a que se pode chamar uma imagem “folk”, “naif” ou “popular” da ciência, socialmente aceite, associada a um suposto Método Científico, com maiúsculas, perfeitamente definido (Fernandez et al., 2002).

Poder-se-ia argumentar que esta dissonância carece no fundo de importância já que não impediu os docentes de desempenharem a tarefa de transmissores dos conhecimentos científicos. No entanto, as limitações de uma educação científica centrada numa mera transmissão de conhecimentos — limitações postas em relevo por uma abundante literatura, recolhida em boa medida nos Handbooks já publicados (Gabel, 1994; Fraser e Tobín, 1998; Perales e Cañal, 2000), deram origem a investigações que evidenciam concepções epistemológicas desadequadas e mesmo incorrectas como um dos principais obstáculos aos movimentos de renovação da Educação Científica.

Compreendeu-se, assim, que se quisermos trocar o que os professores e alunos fazem nas aulas científicas, é preciso previamente modificar a epistemologia dos professores (Bell e Pearson, 1992). E ainda que, possuir concepções válidas sobre a ciência não garante que o comportamento docente seja coerente com ditas concepções, este constitui um *requisito sine qua nom* (Hodson, 1993). O estudo de ditas concepções tem-se convertido, por essa razão, numa potente linha de investigação e tem proposto a necessidade de estabelecer no que se pode compreender como uma imagem basicamente correcta sobre a natureza da ciência e da actividade científica, coerente com a epistemologia actual. Isto é o que pretendemos abordar neste capítulo.

Possíveis visões deformadas da ciência e da tecnologia

Somos conscientes da dificuldade que implica falar de uma “imagem correcta” da actividade científica, que parece sugerir a existência de um suposto método universal, de um modelo único de desenvolvimento científico. É preciso, evitar qualquer interpretação deste tipo, mas não se consegue renunciando a falar das características da actividade científica, mas sim com um esforço consciente para evitar simplismos e deformações claramente contrárias ao que se pode compreender, no sentido amplo, como “aproximação científica do tratamento de problemas”.

Tratar-se-ia, em certo modo, de aprender por via negativa uma actividade complexa que parece difícil de caracterizar positivamente. Temos proposto esta actividade a numerosas equipas de docentes, solicitando-lhes que expliquem, a título de hipóteses, quais podem ser as concepções erróneas sobre a actividade científica a que o ensino das ciências deve prestar atenção, evitando a sua transmissão explícita e implícita.

Poderia pensar-se que esta actividade deve ser escassamente produtiva já que se está pedindo aos professores, que temos por hábito cair nestas deformações, que investiguem quais podem ser estas. No entanto, ao criar-se uma situação de investigação (preferivelmente colectiva), nós, professores, podemos distanciar-nos criticamente das nossas concepções e práticas habituais, fruto de uma impregnação ambiental, que não havíamos tido ocasião de analisar e valorizar.

O resultado deste trabalho é que as deformações conjecturadas são sempre as mesmas; ou melhor, não só se assinalam sistematicamente as mesmas deformações, senão que se observa uma notável coincidência na frequência com que cada uma é mencionada.

Cabe assinalar, por outra parte, que se se realiza uma análise bibliografia, procurando referências a possíveis erros e simplismos na forma em que o ensino das ciências apresenta a natureza da ciência, os resultados de dita análise são surpreendentemente coincidentes com as conjunturas das equipas de docentes no que se referem às deformações mencionadas, e em geral, incluindo a frequência com que o são (Fernandez, 2000). Esta coincidência básica mostra a efectividade da reflexão das equipas de docentes.

Convém ponderar e discutir as deformações conjecturadas (como veremos, *estritamente relacionadas entre si*), que expressam, no seu conjunto, uma imagem ingénua profundamente afastada do que supõe a construção dos conhecimentos científicos, mas que se foi consolidando até se converter num estereótipo socialmente aceite que, insistimos, a própria educação científica reforça por acção ou omissão.

1. Uma visão descontextualizada

Decidimos começar por uma deformação criticada por todas as equipas de docentes implicadas neste esforço de clarificação e por uma abundante literatura: a transmissão de uma visão descontextualizada, socialmente neutra que esquece dimensões essenciais da actividade científica e tecnológica, como o seu impacto no meio natural e social, ou os interesses e influencias da sociedade no seu desenvolvimento (Hodson, 1994). Ignora-se, pois, as complexas relações CTS, Ciência-Tecnologia-Sociedade, ou melhor CTSA, agregando a A de Ambiente para chamar á atenção sobre os graves problemas de degradação do meio que afectam a totalidade do planeta. Este tratamento descontextualizado comporta, muito em particular, uma falta de clarificação das relações entre a ciência e a tecnologia.

Com efeito, habitualmente *a tecnologia é considerada uma mera aplicação dos conhecimentos científicos*. De facto, a tecnologia tem sido vista tradicionalmente como uma actividade de menor status que a ciência “pura” (Acevedo, 1996; De Vries, 1996; Cajas, 1999 e 2001), por mais que isso tenha sido refutado por epistemólogos como Bunge (1976 e 1997). Até muito recentemente, o seu estudo não tem formado parte da educação geral dos cidadãos (Gilbert, 1992 e 1995), senão que tem ficado relegado ao nível do secundário, e à chamada formação profissional, que estava orientada para estudantes com o pior rendimento escolar, frequentemente vindos dos sectores sociais mais desfavorecidos (Rodríguez, 1998). Isto responde á tradicional primazia social do trabalho “intelectual” frente

às actividades práticas “manuais”, próprias das técnicas (Medway, 1989; Lopez Cubino, 2001).

É relativamente fácil, no entanto, questionar esta visão simplista das relações ciência-tecnologia: basta reflectir brevemente sobre o desenvolvimento histórico de ambas (Gardner, 1994) para compreender que a actividade técnica precedeu em milénios a ciência e que, por tanto, de modo algum pode considerar-se como mera aplicação de conhecimentos científicos. A este respeito, cabe sublinhar que os dispositivos e instalações, e em geral os inventos tecnológicos, não podem ser considerados como meras aplicações de determinadas ideias científicas. Em primeiro lugar, porque eles têm uma pré-história que muitas vezes é independente de ditas ideias como, muito em particular, necessidades humanas que têm vindo a evoluir, outras invenções que lhe precederam ou conhecimentos e experiências práticas acumuladas de muitas diversas índoles. Assim, o desvio de uma agulha magnética por uma corrente eléctrica (experiência de Oersted, efectuada em 1819), por si só não sugeria a sua utilização para a comunicação à distância entre as pessoas. Advertiu-se essa possibilidade, só porque a comunicação á distância era uma necessidade crescente, e já se haviam desenvolvido antes outras formas de “telegrafia” sonora e visual, nas quais se empregavam determinados códigos; também se tinham construído baterias de potência considerável, longos condutores e outros dispositivos que se tornavam imprescindíveis para o invento da telegrafia. Isto permite começar a romper com a ideia comum da tecnologia como subproduto da ciência, como um simples processo de aplicação do conhecimento científico para a elaboração de artefactos (o que reforça o suposto carácter neutro, alheio a interesses e conflitos sociais, do binómio ciência-tecnologia).

Mas, o mais importante é clarificar o que a educação científica dos cidadãos e cidadãs perde com esta desvalorização da tecnologia. Isto obriga a perguntar-nos, como faz Cajas (1999), se há algo característico da tecnologia que possa ser útil para a formação científica dos cidadãos e que nós, os professores de ciências, não estamos a tomar em consideração.

Ninguém pretende hoje, evidentemente, traçar uma separação entre a ciência e a tecnologia: desde a revolução Industrial os técnicos incorporaram de uma forma crescente as estratégias da investigação científica para produzir e melhorar os seus produtos. A interdependência da ciência e da tecnologia continua crescendo devido à sua incorporação nas actividades industriais e produtivas, e isso torna hoje difícil, e ao mesmo tempo, desinteressante classificar um trabalho como puramente científico ou puramente tecnológico.

Interessa destacar, pelo contrário, alguns aspectos das relações ciência tecnologia, com o objectivo de evitar visões deformadas que empobrecem a educação científica e tecnológica. O objectivo dos técnicos tem sido e vai sendo, fundamentalmente, produzir e melhorar os artefactos, sistemas e procedimentos que satisfaçam necessidades e desejos humanos, mais do que contribuir à compreensão teórica, ou seja, à construção de corpos coerentes de conhecimentos (Mitcham, 1989; Gardner, 1994). Isto não significa que não utilizem ou construam conhecimentos, senão que os constroem para *situações específicas* reais (Cajas 1999) e logo, complexa, em que não é possível deixar de um lado toda uma série de aspectos que numa investigação científica podem ser obviados como não relevantes, mas que é preciso contemplar no desenho e manuseamento de produtos tecnológicos que devem funcionar na vida real.

Deste modo, o estudo resulta ao mesmo tempo mais limitado (interessa resolver uma questão específica, não construir um corpo de conhecimentos) e mais complexo (não é possível trabalhar em condições “ideais”, fruto de análises capazes de eliminar influências “espúrias”). Assim “como” converte-se na pergunta central, por cima do “porquê”. Um “como” ao qual, geralmente, não se pode responder unicamente a partir de princípios científicos: ao passar dos desenhos à realização de protótipos e destes à optimização dos processos para a sua produção real, são inumeráveis — e, com frequência inesperados — os problemas que devem resolver-se. O resultado final tem que ser o funcionamento correcto, em situações requeridas, dos produtos desenhados (Moreno, 1988).

Esta complexa interacção de compreensão e acção em situações específicas mas reais, não “puras”, é o que caracteriza o trabalho tecnológico (Hill, 1998; Cajas, 1999). Como vemos, de modo algum pode conceber-se a tecnologia como mera aplicação dos conhecimentos científicos. Não devemos pois, ignorar nem desvalorizar os processos de desenho necessários para converter em realidade os objectos e sistemas tecnológicos e para compreender o seu funcionamento. A apresentação destes produtos como simples aplicação de algum princípio científico só é possível na medida em que não se presta a atenção real á tecnologia. *Perde-se assim uma ocasião privilegiada para conectar com a vida diária dos estudantes*, para os familiarizar com o que supõe a concepção e realização prática de artefactos e o seu manuseamento real, superando os habituais tratamentos puramente livrescos e verbalistas.

Estes planeamentos afectam também, em geral, as propostas de incorporação da dimensão CTSA que se têm centrado em promover a absolutamente necessária contextualização da actividade científica, discutindo a relevância dos

problemas abordados, estudando as suas aplicações e possíveis repercussões (pondo ênfase na tomada de decisões), mas afastando outros aspectos chave do que supõe a tecnologia: a análise meios-fins, o desenho e a realização de protótipos (com a resolução de inúmeros problemas práticos), a optimização dos processos de produção, a análise risco-custo-benefício, a introdução de melhorias sugeridas pelo uso, ou seja, tudo o que supõe a realização prática e o manuseamento real dos produtos tecnológicos de que depende a nossa vida diária.

De facto, as referências mais frequentes das relações CTSA que incluem a maioria dos textos escolares de ciências reduzem-se à enumeração de algumas *aplicações* dos conhecimentos científicos (Solbes e Vilches, 1997), caindo assim numa exaltação simplista da ciência como factor absoluto de progresso.

Frente a esta ingénua visão de raiz positivista começa a alargar-se uma tendência a descarregar sobre a ciência e a tecnologia a responsabilidade da situação actual de deterioração crescente do planeta, o que não deixa de ser uma nova simplificação maniqueísta em que resulta fácil cair e que chega a afectar, inclusive, alguns livros de texto (Solbes e Vilches, 1998). Não podemos ignorar, a este respeito, que são os científicos quem estudam os problemas que hoje enfrenta a humanidade, advertem dos riscos e encontram soluções (Sánchez Ron, 1994). Evidentemente, não só os cientistas, nem todos os cientistas. É certo que são também cientistas e técnicos quem têm produzido, por exemplo, os compostos que estão destruindo a camada de ozônio, *mas em conjunto com economistas, políticos, empresários e trabalhadores*. As críticas e as chamadas à responsabilidade devem estender-se a *todos*, incluindo os “simples” consumidores de produtos nocivos.

Esquecer a tecnologia é expressão de visões puramente operativistas que ignoram completamente a contextualidade da actividade científica, como se a ciência fosse um produto elaborado em torres de marfim, à margem das contingências da vida ordinária. Trata-se de uma visão que se conecta com a que contempla aos cientistas como seres especiais, génios solitários, que falam uma linguagem abstracta, de difícil acesso. A visão descontextualizada vê-se reforçada, pois, pelas concepções individualistas e elitistas da ciência.

2. Uma concepção individualista e elitista

Esta é, junto à visão descontextualizada que acabamos de analisar — e à qual está estreitamente ligada — outra das deformações mais frequentemente

assinaladas pelas equipas de docentes e também mais tratadas na literatura. Os conhecimentos científicos aparecem como obra de génios isolados, ignorando-se o papel do trabalho colectivo, dos intercâmbios entre equipas, essenciais para favorecer a criatividade necessária para abordar situações abertas, não familiares (Solomon, 1987; Linn, 1987). Em particular, deixa-se acreditar que os resultados obtidos, por um só cientista ou equipa podem bastar para verificar ou falsear uma hipótese ou inclusive toda uma teoria.

Frequentemente insiste-se, explicitamente, em que o trabalho científico é um domínio reservado a minorias especialmente dotadas, transmitindo expectativas negativas para a maioria dos alunos, e muito em particular, das alunas, com claras discriminações de natureza social e sexual: a ciência é apresentada como uma actividade eminentemente “masculina”.

Contribui-se, além disso, a este elitismo escondendo o significado dos conhecimentos por detrás de apresentações exclusivamente operativistas. Não se realiza um esforço para tornar a ciência acessível (começando com tratamentos qualitativos, significativos), nem por mostrar o seu carácter de construção humana, na que não faltam confusões nem erros, como os dos próprios alunos.

Em algumas ocasiões encontramos-nos com uma deformação de sinal oposto que contempla a actividade científica como algo simples, próximo do sentido comum, esquecendo que a construção científica parte, precisamente, do questionamento sistemático do óbvio (Bachelard, 1938), mas em geral, a concepção dominante é a que contempla a ciência como uma actividade de génios isolados.

A falta de atenção à tecnologia contribui a esta visão individualista e elitista: por uma parte, obvia-se a complexidade do trabalho científico-tecnológico que exige, como já temos assinalado a integração de diferentes classes de conhecimentos, dificilmente assumidos por uma única pessoa; por outra parte, menospreza-se a contribuição de técnicos, mestres de oficina, etc., que com frequência têm tido um papel essencial no desenvolvimento científico-tecnológico. O ponto de partida da Revolução Industrial, por exemplo, foi a máquina de Newcomen, que era fundidor e ferreiro. Como afirma Bybee (2000), “Ao revisar a investigação científica contemporânea, não se pode escapar à realidade de que a maioria dos avanços científicos estão baseados na tecnologia”. Isto questiona a visão elitista, socialmente assumida, de um trabalho científico-intelectual por cima de um trabalho técnico.

A imagem individualista e elitista do cientista traduz-se em iconografias que representam o *homem* da bata branca no seu inacessível laboratório, repleto

de estranhos instrumentos. Desta forma constatamos uma terceira e grave deformação: a que associa o trabalho científico, quase exclusivamente, com esse trabalho no laboratório, onde o cientista experimenta e observa, procurando o feliz “descobrimento”. Transmite-se assim uma visão empiro-inductivista da actividade científica, que abordaremos seguidamente.

3. Uma concepção empiro-inductivista e atórica

Talvez tenha sido a concepção empiro-inductivista a deformação que foi estudada em primeiro lugar, e a mais amplamente assinalada na literatura. Uma concepção que defende o papel da observação e da experimentação “neutra” (não contaminadas por ideias aprioristas), esquecendo o papel essencial das hipóteses como focalizadoras da investigação e dos corpos coerentes de conhecimentos (teorias) disponíveis, que orientam todo o processo.

Numerosos estudos têm mostrado as discrepâncias entre a imagem da ciência, proporcionada pela epistemologia contemporânea, e certas concepções docentes, amplamente estendidas, marcadas por um empirismo extremo (Giordan, 1978; Hodson, 1985; Nussbaum, 1989; Cleminson, 1990; King, 1991; Stinner, 1992; Désautels et al., 1993; Lakin e Wellington, 1994; Hewson, Kerby e Cook, 1995; Jiménez Aleixandre, 1995; Thomaz et al., 1996; Izquierdo, Sanmartí e Espinet, 1999...). Deve-se insistir a este respeito, na rejeição generalizada do que Piaget (1970) denomina “o mito da origem sensorial dos conhecimentos científicos”, ou seja, na rejeição de um empirismo que concebe os conhecimentos como resultado da inferência indutiva a partir de “dados puros”. Esses dados não têm sentido por si mesmos, senão que requerem ser interpretados de acordo com um sistema teórico. Assim, por exemplo, quando se utiliza um amperímetro não se observa a intensidade da corrente, mas sim o simples desvio da agulha (Bunge, 1980). Insiste-se, por isso, em que toda a investigação, e a mesma procura de dados, vêm marcadas por paradigmas teóricos, ou seja, por visões coerentes, articuladas que orientam a dita investigação.

É preciso, insistir na importância dos paradigmas conceptuais, das teorias, no desenvolvimento do trabalho científico (Bunge, 1976), num processo completo, não reduzido a um modelo definido de mudança científica (Estany, 1990), que inclui eventuais roturas, mudanças revolucionárias (Kuhn, 1971), do paradigma vigente num determinado domínio e surgimento de novos paradigmas teóricos. É preciso também insistir em que os problemas científicos constituem inicialmente “situações problemáticas” confusas: o problema não é dado,

é necessário formula-lo da maneira precisa, modelizando a situação, fazendo determinadas opções para simplifica-lo mais ou menos com o fim de poder aborda-lo, clarificando o objectivo, etc. E tudo isto partindo do *corpus* de conhecimentos que se tem no campo específico em que se desenvolve o programa de investigação (Lakatos, 1989).

Estas concepções empiro-inductivistas da ciência afectam mesmos os cientistas — pois como explica Mosterín (1990) seria ingénuo pensar que estes “são sempre explicitamente conscientes dos métodos que usam na sua investigação” — assim como, logicamente, mesmos aos estudantes (Gaskell, 1992; Pomeroy, 1993; Roth e Roychondhury, 1994; Solomon, Duveen e Scott 1994; Abrams e Wanderse, 1995; Traver, 1996; Roth e Lucas, 1997; Désautels e Larochelle, 1998). Convém assinalar que esta ideia, que atribui a essência da actividade científica à experimentação, coincide com a de “descobrimento” científico, transmitida, por exemplo pelas bandas desenhadas, pelo cinema e, em geral, pelos meios de comunicação (Lakin e Wellington, 1994). Dito de outra maneira, parece que a visão dos professores — ou a que proporcionam os livros de texto (Selley, 1989; Stinner, 1992) — não é muito diferente, no que respeita ao papel atribuído às experiências do que temos denominado de imagem “ingénua” da ciência, socialmente difundida e aceite.

Cabe assinalar que mesmo se esta parece ser a deformação mais estudada e criticada na literatura, são poucas as equipas de docentes que se referem a esta possível deformação. Isto pode interpretar-se como índice do peso que continua a ter esta concepção empiro-inductivista nos professores de ciências. É preciso ter em conta a este respeito que apesar da importância dada (verbalmente) à observação e experimentação, em geral, o ensino é puramente libresco, de simples transmissão de conhecimentos, sem trabalho experimental real (mais além de algumas “receitas de cozinha”). A experimentação conserva, assim, para professores e estudantes o atractivo de uma “revolução pendente”, como temos podido perceber em entrevistas realizadas a professores no activo (Fernández, 2000).

Esta falta de trabalho experimental tem como uma das causas, a escassa familiarização dos professores com a dimensão tecnológica e vem por sua vez reforçar as visões simplistas sobre as relações ciência-tecnologia às quais já fizemos referência. Em efeito, o trabalho experimental pode ajudar a compreender que mesmo se a tecnologia se desenvolveu durante milénios sem a contribuição da ciência, inexistente até muito recentemente (Niiniluoto, 1997; Quintanilla e Sánchez Ron, 1997), a construção do conhecimento científico *sempre* tem sido e continua a ser devedora da tecnologia: basta recordar que para submeter à

prova as hipóteses que focalizam uma investigação estamos obrigados a construir desenhos experimentais; e falar de *desenhos* é já utilizar uma linguagem tecnológica.

É certo que, como já assinalava Bunge (1976), os desenhos experimentais são devedores do corpo de conhecimentos (A construção, por exemplo, de um amperímetro só tem sentido à luz de uma boa compreensão da corrente eléctrica), mas a sua realização concreta exige resolver problemas práticos num processo complexo com todas as características do trabalho tecnológico. É precisamente este o sentido que deve dar-se ao que manifesta Hacking (1983) quando — parafraseando a conhecida frase “A Observação está carregada de teoria” (Hanson 1958) — afirma que “a observação e a experimentação científica estão carregadas de uma competência prática prévia”.

Quando por exemplo, Galileo concebe a ideia de “debilitar”, a caída dos corpos mediante o uso de um plano inclinado de fricção desprezável, com o objectivo de submeter à prova a hipótese de que a queda dos graves constitui um movimento de aceleração constante, a proposta resulta conceptualmente simples: se a queda livre tem lugar com aceleração constante, o movimento de um corpo que desliza por um plano inclinado com fricção desprezável também terá uma aceleração constante, mas tanto mais pequena quanto menor seja o ângulo do plano, o que facilita a medida dos tempos e a prova da relação esperada entre as distâncias percorridas e os tempos empregados. No entanto, a realização prática deste desenho comporta resolver toda uma variedade de problemas: preparação de uma superfície suficientemente plana e polida, por onde possa rolar uma pequena esfera, como forma de reduzir a fricção; construção de uma caleira para evitar que a esfera se desvie e caia do plano inclinado; estabelecer a forma de soltar a pequena esfera e de determinar o instante de chegada, etc. Trata-se sem dúvida alguma, de um trabalho tecnológico destinado a lograr um objectivo concreto, a resolver uma situação específica, o que exige uma multiplicidade de habilidades e conhecimentos. E o mesmo se pode dizer de qualquer desenho experimental, inclusive os mais simples.

Não se trata, pois de assinalar como às vezes se faz, que “alguns” desenvolvimentos tecnológicos têm sido imprescindíveis para fazer possíveis “certos” avanços científicos (como, por exemplo, o papel das lentes na investigação astronómica): a tecnologia está *sempre* no coração da actividade científica; a expressão *desenho* experimental é perfeitamente ilustrativa a este respeito.

Infelizmente, as escassas práticas escolares de laboratórios escamoteiam aos estudantes (incluindo na Universidade!) toda a riqueza do trabalho experi-

mental, dado que apresenta montagens já elaboradas, para seu simples manuseamento seguindo guias de tipo “ receita de cozinha”.

Deste modo, o ensino centrado na simples transmissão de conhecimentos já elaborados não só impede compreender o papel essencial que a tecnologia, joga no desenvolvimento científico, senão que, contraditoriamente, favorece a manutenção das concepções empiro-inductivas que consagram um trabalho experimental, ao qual nunca se tem acesso real, como elemento central de um suposto “Método Científico”... o que se vincula com outras duas graves deformações que abordaremos brevemente.

4. Uma visão rígida, algorítmica, infalível...

Esta é uma concepção amplamente difundida entre o professorado de ciências, como se tem podido constatar utilizando diversos desenhos (Fernández, 2000). Assim, em entrevistas realizadas com professores, uma maioria refere-se ao “Método Científico” como uma sequência de etapas definidas, em que as “observações” e as “experiências rigorosas” desempenham um papel destacado contribuindo à “exactidão e objectividade” dos resultados obtidos.

Face a isto é preciso ressaltar o papel desempenhado na investigação pelo pensamento divergente, que se concretiza em aspectos fundamentais e erroneamente relegados nos traçados empiro-inductivistas, como são, a invenção de hipóteses e modelos, ou o próprio desenho de experiências. Não se raciocina em termos de certezas, mais ou menos baseadas em “evidências”, senão em termos de hipóteses, que se apoiam, é certo, nos conhecimentos adquiridos mas que são contempladas como “tentativas de resposta” que devem ser postas à prova o mais rigorosamente possível, o que dá lugar a um processo complexo, em que não existem princípios normativos de aplicação universal, para a aceitação ou a rejeição de hipóteses ou, mais em geral, para explicar as trocas mudanças nos conhecimentos científicos (Giere, 1988). É preciso reconhecer, pelo contrário, que esse carácter “tentativo” se traduz em dúvidas sistemáticas, em redefinições, procura de novas vias, etc., que mostram o papel essencial da investigação e da criatividade, contra toda a ideia de método rígido, algorítmico. E, se bem que a obtenção de dados experimentais em condições definidas e controladas (nas que a dimensão tecnológica joga um papel essencial) ocupa um lugar central na investigação científica, é preciso relativizar o dito papel, que só faz sentido, insistimos, com relação às hipóteses a contrastar e aos desenhos concebidos para tal efeito. Em palavras de Hempel (1976), “Ao conheci-

mento científico não se chega aplicando um procedimento indutivo de inferência a partir de dados recolhidos anteriormente, senão mediante o chamado método das hipóteses a título de tentativas de respostas a um problema em estudo e depois submetendo estas à contrastação empírica”. São as hipóteses, pois, as que orientam a procura de dados. Umas hipóteses que, por sua vez, nos remetem ao paradigma conceptual de partida, pondo de novo em evidencia o erro das propostas empíricas.

A concepção algorítmica, como a empiro-inductivista, em que se apoia, pode manter-se na mesma medida em que o conhecimento científico se transmite de forma acabada para a sua simples recepção, sem que os estudantes, nem os professores tenham ocasião de constatar praticamente as limitações desse suposto “Método Científico”. Pela mesma razão incorre-se com facilidade numa visão aproblemática e ahistórica da actividade científica à que nos referiremos em seguida.

5. Uma visão aproblemática e ahistórica (ergo acabada e dogmática)

Como já referimos, o facto de transmitir conhecimentos já elaborados, conduz muito frequentemente a ignorar quais foram os problemas que se pretendiam resolver, qual tem sido a evolução de ditos conhecimentos, as dificuldades encontradas etc., e mais ainda, a não ter em conta as limitações do conhecimento científico actual ou as perspectivas abertas.

Ao apresentar uns conhecimentos já elaborados, sem sequer se referir aos problemas que estão na sua origem, perde-se de vista que, como afirma Bachelard (1938), “todo o conhecimento é a resposta a uma questão”, a um problema. Este esquecimento dificulta captar a racionalidade do processo científico e faz com que os conhecimentos apareçam como construções arbitrárias. Por outra parte, ao não completar a evolução dos conhecimentos, ou seja, ao não ter em conta a história das ciências, desconhece-se quais foram as dificuldades, os obstáculos epistemológicos que foram preciso superar, o que resulta fundamental para compreender as dificuldades dos alunos (Saltiel e Viennot, 1985).

Devemos insistir, uma vez mais, na estreita relação existente entre as formações contempladas até aqui. Esta visão aproblemática e ahistórica, por exemplo, torna possível as concepções simplistas sobre as relações ciência-tecnologia. Pensemos que se toda a investigação responde a problemas, com frequência esses problemas têm uma vinculação directa com necessidades hu-

manas e, portanto, com a procura de soluções adequadas para problemas tecnológicos prévios.

De facto, o esquecimento da dimensão tecnológica na educação científica impregna a visão distorcida da ciência socialmente aceite que evidenciamos aqui. Precisamente por isto, escolhemos dar o nome de “Possíveis visões deformadas da ciência e da tecnologia”, tratando assim de superar um esquecimento que historicamente tem a sua origem na distinta valorização do trabalho intelectual e manual, e que afecta gravemente a necessária alfabetização científica e tecnológica do conjunto da cidadania (Maiztegui et al., 2002).

A visão distorcida e empobrecida da natureza da ciência e da construção do conhecimento científico, em que o ensino das ciências incorre por acção ou omissão, inclui outras visões deformadas, que têm em comum esquecer a dimensão da ciência como construção de corpos coerentes de conhecimentos.

6. *Visão exclusivamente analítica*

Referimo-nos em primeiro lugar, ao que temos denominado visão “exclusivamente analítica”, que está associada a uma incorrecta apreciação do papel da análise no processo científico.

Assinalemos, para iniciar, que uma característica essencial de uma aproximação científica é a vontade explícita de simplificação e de controlo rigoroso em condições pré-estabelecidas, o que introduz elementos de artificialidade indubitáveis, que não devem ser ignorados nem ocultados: os cientistas *decidem* abordar problemas resolúveis e começam *ignorando* consciente e voluntariamente muitas das características das situações estudadas, o que evidentemente os “afasta” da realidade; e continuam afastando-se mediante o que, sem dúvida, há que considerar a essência do trabalho científico: A *invenção* de hipóteses e modelos...

O trabalho científico exige, pois, tratamentos analíticos, simplificatórios, artificiais. Mas isto não supõe, como às vezes se critica, incorrer necessariamente em visões parcializadas e simplistas: na medida em que se trata de análises e simplificações conscientes, tem-se presente a necessidade de síntese e de estudos de complexidade crescente. Pensemos, por exemplo, que o estabelecimento da unidade da matéria — que constitui um claro apoio a uma visão global, não parcializada — é uma das maiores conquistas do desenvolvimento científico dos últimos séculos: os princípios de conservação e *transformação* da matéria e da energia foram estabelecidos, respectivamente, nos séculos XVIII e XIX, e foi

só nos finais do século XIX quando se produziu a fusão de três domínios aparentemente autónomos — electricidade, óptica e magnetismo — na teoria electromagnética, que se abriu um enorme campo de aplicações que seguem revolucionando a nossa vida de cada dia. E não há que esquecer que os processos de unificação exigiram, com frequência, atitudes críticas nada cómodas que tiveram que vencer fortes resistências ideológicas e inclusive perseguições e condenações, como nos casos, bem conhecidos, do heliocentrismo ou do evolucionismo. A história do pensamento científico é uma constante confirmação de que os avanços têm lugar profundizando o conhecimento da realidade em campos definidos; é esta profundização inicial a que permite chegar posteriormente a estabelecer laços entre campos aparentemente desligados (Gil-Pérez et al., 1991).

7. *Visão acumulativa, de crescimento lineal*

Uma deformação à que também não fazem referência as equipas de docentes, e que é a segunda menos mencionada na literatura — trás a visão exclusivamente analítica — consiste em apresentar o desenvolvimento científico como fruto de um crescimento lineal, puramente acumulativo (Izquierdo, Sanmartí e Espinet, 1999), ignorando as crises e as remodelações profundas, fruto de processos complexos que não se deixam ajustar por nenhum modelo definido de desenvolvimento científico (Giere, 1988; Estany, 1990). Esta deformação é complementar, em certo modo, do que temos denominado visão rígida algorítmica, ainda que devam ser diferenciadas: enquanto a visão rígida ou algorítmica se refere como se concebe a *realização de uma investigação dada*, a visão acumulativa é uma interpretação simplista da evolução dos conhecimentos científicos ao longo do tempo, como fruto do conjunto de investigações realizadas em determinado campo. Esta é uma visão simplista à qual o ensino costuma contribuir, ao apresentar as teorias hoje aceites sem mostrar o processo do seu estabelecimento, nem ao se referir às frequentes confrontações entre teorias rivais, nem aos complexos processos de mudança que incluem autênticas “revoluções científicas” (Kuhn, 1971).

8. *Relações entre distintas visões deformadas da actividade científica e tecnológica*

Estas são, em síntese, as sete deformações que temos visto tratadas na literatura e que são mencionadas como fruto da reflexão (auto)crítica das equi-

pas de docentes. Trata-se também das deformações que temos visto reflectidas na docência habitual, num estudo realizado em que foram utilizados cerca de 20 desenhos experimentais (Fernández et al. 2002). Mas estas deformações não constituem uma espécie de “sete pecados capitais” distintos e autónomos: pelo contrário, como foi mostrado no caso das pré-concepções dos estudantes num determinado domínio formam um esquema conceptual relativamente integrado (Driver e Oldham, 1986).

Podemos recordar que uma visão individualista e elitista da ciência, por exemplo, apoia implicitamente a ideia empirista de “descobrimento” e contribui, além disso a uma leitura descontextualizada, socialmente neutra da actividade científica (realizada por “génios solitários”). Do mesmo modo, para citar outro exemplo, uma visão rígida, algorítmica, exacta da ciência reforça uma interpretação acumulativa, linear, do desenvolvimento científico, ignorando as crises e as revoluções científicas.

Assim, estas concepções aparecerem associadas entre si, como expressão de uma imagem ingénuo da ciência que se tem ido desencantando, passando a ser socialmente aceite. De facto essa imagem tópica da ciência parece ter sido assumida por numerosos autores do campo da educação, que criticam como características da ciência o que não são senão visões deformadas da mesma. Assim por exemplo, Kemmis e Mc Taggart (Hodson, 1992) atribuem à investigação académica deformações e reduções que os autores dão por assente que correspondem ao “método científico” utilizado por “as ciências naturais”, tais como, seu carácter “neutral, sua preocupação exclusiva por “acumular conhecimentos” (sem atenção “ao melhoramento da prática”), sua limitação a “um mero procedimento de *resolução* de problemas” (esquecendo o delineamento dos mesmos) etc., etc.

Inclusive, entre alguns investigadores em didáctica da ciência, parece aceitar-se que a ciência clássica seria puramente analítica, “neutra”, etc. Já não se trata de que o ensino tenha transmitido essas concepções reducionistas, empobrecedoras, senão que *toda* a ciência clássica teria esses defeitos. Mas, como se pode afirmar que a ciência clássica é — como se costuma dizer — puramente analítica, se o seu primeiro edifício teórico significou a integração dos universos considerados essencialmente distintos, derrubando a suposta barreira entre o mundo celeste e o sublunar? Uma integração que implicava desafiar dogmas, tomar partido pela liberdade de pensamento, e correr riscos de ser condenada.

E não é só a mecânica: toda a ciência clássica pode interpretar-se como a superação de supostas barreiras, a integração de domínios separados (pelo sentido comum e pelos dogmas). Pensemos na teoria da evolução das espécies; na

síntese orgânica (nos séculos XIX ainda se sustentava a existência de um “*elan vital*” e negava-se a possibilidade de sintetizar compostos orgânicos); no electromagnetismo, que mostrou os vínculos entre a electricidade, magnetismo e óptica; nos princípios de conservação e transformação da massa e da energia, aplicáveis a qualquer processo (Gil-Pérez et al., 1991). Onde está o carácter puramente analítico? Onde está o carácter neutro, asséptico, dessa ciência? Há que reconhecer que, pelo menos, nem toda a ciência clássica tem sido assim. Parece mais apropriado, pois, falar de visões (ou, em todo o caso, tendências) deformadas da ciência, do que atribuir essas características a toda a ciência clássica.

As concepções docentes sobre a natureza da ciência e a construção do conhecimento científico seriam, pois, expressões dessa visão comum, que nós os professores de ciências aceitaríamos implicitamente devido à falta de reflexão crítica e a uma educação científica que se limita, com frequência, a uma simples transmissão de conhecimentos já elaborados. Isto não só deixa na sombra as características essenciais da actividade científica e tecnológica, senão que contribui a reforçar algumas deformações, como o suposto carácter “exacto” (ergo dogmático) da ciência, ou da visão aproblemática. Deste modo, a imagem da ciência que adquirimos os docentes não se diferenciaria significativamente da que pode expressar qualquer cidadão, e resulta muito afastada das concepções actuais sobre a natureza da ciência e da construção do conhecimento científico.

O trabalho realizado até aqui tem-nos permitido evidenciar, a título de hipóteses, possíveis visões deformadas da ciência que o ensino poderia estar contribuindo a transmitir por acção ou omissão. As numerosas investigações recolhidas na literatura confirmam a extensão desta imagem distorcida e empobrecida da ciência e da tecnologia, assim como a necessidade de superá-la para fazer possível uma educação científica susceptível de interessar aos estudantes e facilitar a sua imersão numa cultura científica. Com tal propósito, dedicaremos o seguinte capítulo a apoiar o questionamento destas deformações.

Análises da presença das visões deformadas da ciência e da tecnologia no ensino

Tal como temos indicado, dedicaremos este capítulo a analisar em que medida o ensino das ciências transmite as visões deformadas que acabamos de discutir. São possíveis, naturalmente, numerosos desenhos para levar a cabo dita análise, como se detalha em alguns trabalhos citados (Fernández, 2000;

Fernández et al., 2002). Por exemplo, é possível analisar o que nos textos, livros, artigos, etc., se assinala em torno da natureza do trabalho científico, ou o que reflectem os diagramas de um processo de investigação que incluem alguns textos e livros práticos. Pode-se recolher, mediante questionários e entrevistas, o que para os professores significa um processo de investigação, etc. Ou pode-se proceder a observações directas de como se orienta um trabalho na aula etc., etc. No entanto, a nossa intenção não é, fundamentalmente, por em relevância a incidência de uma imagem deformada e empobrecida da ciência no ensino (posta em evidência por uma abundante investigação da qual temos vindo a fazer referência), sem utilizar este trabalho de análises para aprofundar na compreensão do que representam estas visões distorcidas da actividade científica e afirmar o necessário distanciamento crítico com respeito às ditas deformações. Passamos a descrever alguns dos desenhos utilizados para favorecer este distanciamento crítico.

Recorremos, por exemplo, a proporcionar um desenho, elaborado por um professor em formação como representação de actividade científica (ver Quadro1), solicitando, em primeiro lugar, que se assinalem **as visões deformadas que se detectem por acção ou omissão em dito desenho** e, seguidamente, que procedam a modifica-lo até enfrentar as visões deformadas da ciência que agora transmite por acção ou omissão.



Quadro 1. Representação distorcida da actividade científica

Não resulta difícil constatar que este desenho “típico” incide claramente em todo o conjunto de visões deformadas:

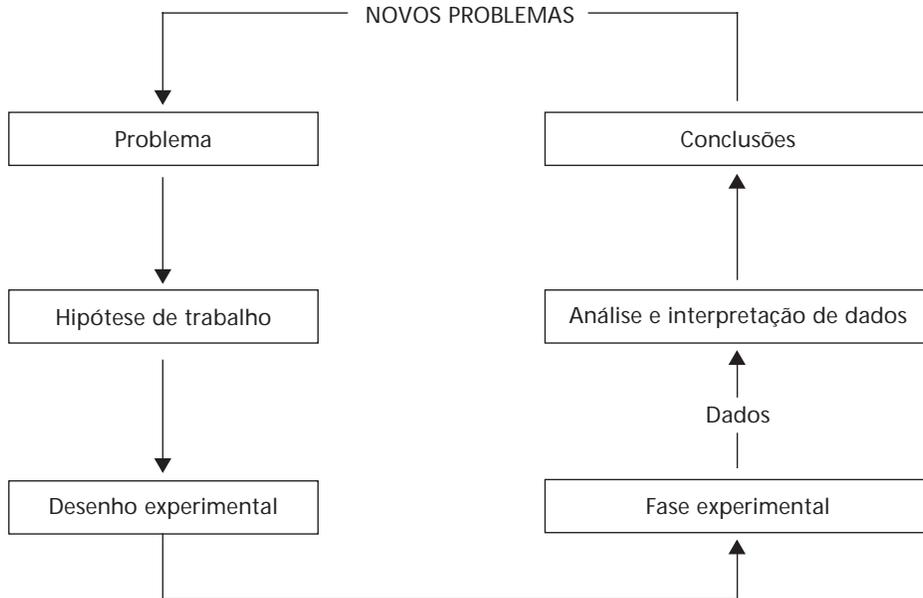
- *Individualista e elitista* (representa um único investigador, Homem...).
- *Descontextualizada* (não se disse nada sobre o possível interesse e relevância da investigação, suas possíveis repercussões...e o local do trabalho parece uma autêntica torre de marfim absolutamente isolada... nem sequer se desenha uma janela!).
- *Aproblemática* (não se indica que se esteja investigando algum problema).
- *Empiro-inductivista* (a sua actividade parece reduzir-se à observação e experimentação na busca do descobrimento feliz... não se representa nem um livro que permita pensar no corpo de conhecimentos).

Pouco mais se pode dizer do que aparece no desenho, mas sim das ausências, que vem a incidir, por omissão, em outras visões deformadas:

- *Rígida, algorítmica, infalível* (nada se disse, por exemplo, de possíveis revisões e novas linhas da investigação).
- *Exclusivamente analítica* (não se propõe a possível vinculação do problema abordado a diferentes campos da ciência, nem a conveniência de um tratamento interdisciplinar...).
- *Acumulativa* (nenhuma menção de como o novo “descobrimento” afecta o corpo de conhecimentos...).

É possível, no entanto, enfrentar estas deformações com relativa facilidade. Por exemplo, pode-se agregar um outro investigador, incluindo mulheres e jovens investigadores em formação, questionando assim as visões individualistas e elitistas. Pode-se questionar a visão rígida com algum comentário sobre as numerosas revisões, desenhando, uma papelreira da que desbordem papéis amachucados. E a visão acumulativa com uma exclamação do tipo “Se se confirmarem estes resultados será necessário rever a teoria vigente!”, etc., etc.

É importante deter-se em análises e rectificações como estas. Podemos, para citar um segundo exemplo, solicitar a análise crítica de um diagrama de fluxo como o apresentado no Quadro 2, extraído de um livro de texto como representação do “Método científico” e sua posterior modificação para evitar as visões deformadas da ciência que agora transmite por acção ou omissão.

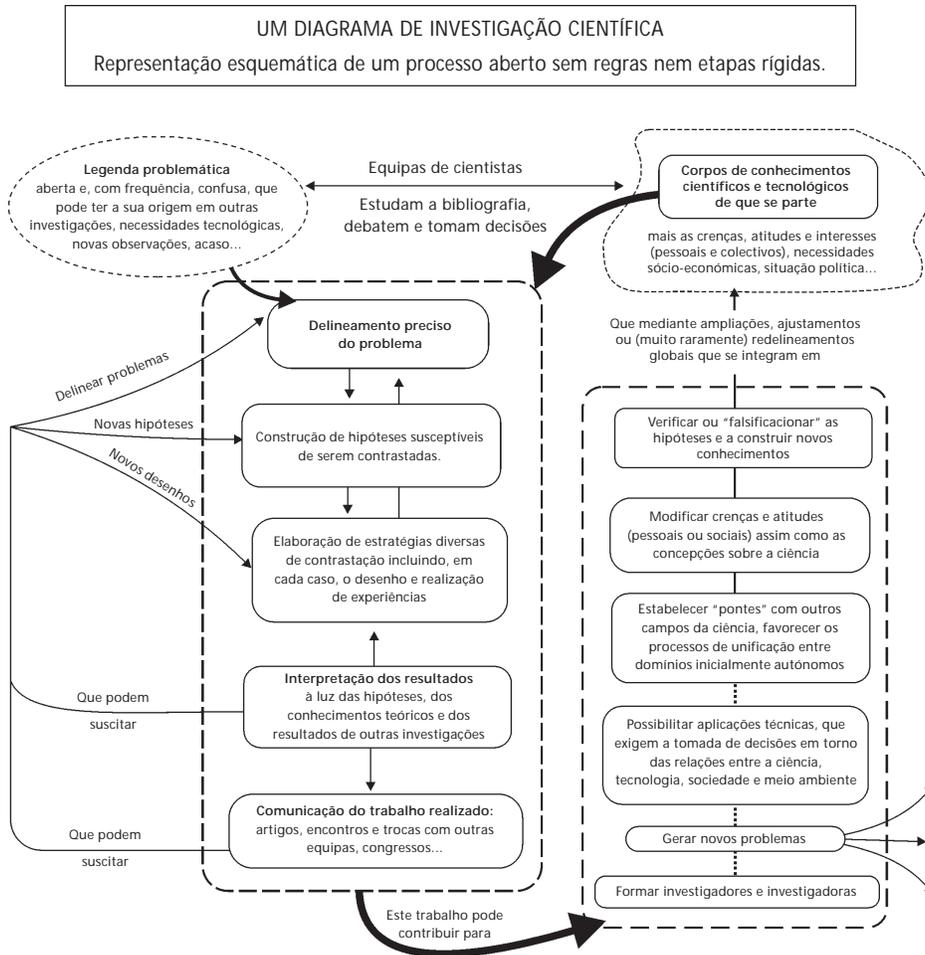


Quadro 2. Diagrama representativo do “Método Científico”

De novo resulta fácil detectar muitas das distorções e empobrecimentos típicos num diagrama como este: desde o carácter rígido, algorítmico, de etapas a seguir ordenadamente, à visão descontextualizada, ainda que pelo menos se faça referência a um problema como a origem da investigação.

Um esforço explícito por não incorrer nestas deformações permite elaborar diagramas mais ricos como o que se apresenta no Quadro 3.

Uma leitura cuidadosa permite constatar como os autores têm evitado incorrer, por acção ou omissão, nos reducionismos e distorções típicas. Podemos ver por exemplo, como se enfrentam visões individualistas e elitistas. Com referências a “equipas de homens e mulheres cientistas”, à “comunicação do trabalho realizado: artigos, encontros e intercâmbios com outras equipas, congressos...” e a formação de investigadores e investigadoras como uma das contribuições do trabalho científico. E para citar outros exemplos, evita-se transmitir uma visão puramente analítica assinalando que as investigações realizadas podem contribuir a “estabelecer pontes” com outros campos da ciência e favorecer os processos de unificação entre domínios inicialmente autónomos”.



Quadro 3. Diagrama representativo das estratégias da actividade científica

Como último exemplo dos desenhos utilizados para favorecer a análise das visões deformadas da ciência e da tecnologia no ensino e a posterior elaboração de propostas para evitar estas deformações, propomos analisar a visão da ciência que transmite um texto tirado de um livro universitário (Quadro 4) e a elaboração de um texto alternativo que descreve mais adequadamente a natureza da actividade científica.

PARRY R. W., SEINER L. E., E DIETZ P. M. (1973). *Química. Fundamentos experimentales* (Barcelona: Ed. Reverté).

“Resumindo, as actividades básicas da ciência são:

- (1) acumulação de informação mediante a observação
- (2) organização desta informação e procura de regularidade
- (3) procura de uma explicação das regularidades e
- (4) comunicação dos resultados e das prováveis explicações

Para a realização destas actividades não existe uma ordem pré-definida, não há um “método científico” que exija que se sigam estritamente os passos indicados com esta ordem. Na realidade, quando se trata de encontrar uma explicação, aparece geralmente a necessidade de realizar observações melhor controladas. Uma sequência de observações cuidadosamente controladas, em geral, denomina-se experiência. No caso das experiências em química, as condições controlam-se mais facilmente no laboratório, mas o estudo da natureza não deveria limitar-se ao que se pode realizar num local fechado, porque a ciência nos rodeia completamente.

Quadro 4. Reprodução da visão da ciência transmitida por um texto universitário de Química

Podemos iniciar assinalando que este texto tenta evitar uma visão rígida da actividade científica quando assinala: “Para a realização destas actividades não existe uma ordem pré-definida, não há um “método científico” que exija que se sigam estritamente os passos indicados por essa ordem”.

Também se tem em conta o carácter social da ciência ou falar de “comunicação”, ainda que não se questione com claridade a visão individualista e elitista. Com muito boa vontade, pode-se aceitar que este texto tente também enfrentar uma visão descontextualizada na frase em que afirma que “A ciência rodeia-nos completamente”.

No resto das visões incide, bem por acção (como acontece com a concepção empirioinductivista), bem por omissão, posto que não se menciona nada que permita evitar visões apromáticas, exclusivamente analíticas ou de crescimento linear, puramente acumulativo, dos conhecimentos científicos.

A elaboração de um texto alternativo é naturalmente uma tarefa bastante exigente, para a qual se precisa tempo e uma cuidadosa atenção para não es-

quecer nenhuma das possíveis deformações. A título de exemplo reproduzimos um texto elaborado por uma equipa de professores, em que se recolhem as reflexões tidas em conta no estudo das visões deformadas da ciência e da tecnologia abordadas em capítulos anteriores (Quadro 5).

Quadro 5. Uma descrição da actividade científica que tenta enfrentar os reducionismos e deformações

Queremos assinalar, em primeiro lugar, que somos conscientes que a natureza da actividade científica tem dado lugar a sérios debates, em que se manifestam profundas discrepâncias entre os estudos (Popper, 1962; Khun, 1971; Bunge, 1976; Toulmin, 1977; Feyerabend, 1975; Lakatos, 1982; Laudan, 1984...). Isto gera, em ocasiões, uma certa perplexidade entre os investigadores em didáctica e leva a delinear se tem sentido falar de uma concepção correcta da ciência. Existem, no entanto, alguns aspectos essenciais a que se dá um amplo consenso e que podíamos resumir assim:

1. Em primeiro lugar, temos que nos referir à **rejeição da ideia mesma de “Método científico”**, com maiúsculas, como conjunto de regras perfeitamente definidas a aplicar mecanicamente e independentes do domínio investigado. Com palavras de Bunge (1980): “A expressão (*Método Científico*) é enganosa, pois pode induzir a acreditar que consiste num conjunto de receitas exaustivas e infalíveis...”.

2. Em segundo lugar, há que realçar a rejeição generalizada do que Piaget (1970) denomina “o mito da origem sensorial dos conhecimentos científicos”, é decidir a **rejeição de um empirismo que concebe os conhecimentos como resultado da inferência indutiva a partir de “dados puros”**. Esses dados não têm sentido em si mesmos, senão que requerem ser interpretados de acordo com um sistema teórico. Assim, por exemplo, quando se utiliza um amperímetro não se observa a intensidade da corrente, mas sim o simples desvio da agulha. Insiste-se, devido a isto, que toda a investigação e a mesma procura de dados vêm marcadas por paradigmas teóricos, ou seja, por visões coerentes articuladas que orientam esta investigação.

É preciso insistir na importância dos paradigmas conceptuais, das teorias, como origem e término do trabalho científico (Bunge, 1976), num processo complexo que inclui eventuais rupturas, mudanças revolucionárias do paradigma vigente num determinado domínio e surgimento de novos paradigmas teóricos. E é preciso também insistir em que os problemas científicos constituem inicialmente “situações problemáticas” confusas: o problema não é dado, sendo necessário formula-lo de maneira precisa, modelizando a situação, fazendo determinadas opções para simplifica-lo mais ou menos, para poder abor-

da-lo, clarificando o objectivo, etc. E tudo isto partindo do *corpus* de conhecimentos que existe no campo específico em que se realiza a investigação.

3. Em terceiro lugar, há que ressaltar o papel representado na investigação por um pensamento divergente, que se concretiza em aspectos fundamentais e erroneamente relegados nas propostas empiristas como são as invenções de hipóteses e modelos, o próprio desenho de experiências. Não se raciocina, pois, em termos de certezas, mais ou menos baseadas em “evidências”, senão em termos de hipóteses que se apoiam nos conhecimentos adquiridos, mas que são vistas como simples “tentativas de resposta” que vão ser postas à prova o mais rigorosamente possível. E se bem que a obtenção de evidência experimental em condições definidas e controladas ocupa um lugar central na investigação científica, é preciso relativizar dito papel, que só faz sentido em relação à hipótese a constatar e aos desenhos concebidos para tal efeito. Em palavras de Hempel (1976), “ao conhecimento científico não se chega aplicando um procedimento indutivo de inferência a dados recolhidos com antecedência, senão mediante o chamado método das hipóteses a título de tentativas de resposta a um problema em estudo, e submetendo logo estas à contrastação empírica”. São as hipóteses as que orientam a procura de dados. Umhas hipóteses que, por sua vez, nos remetem ao paradigma conceptual de partida, pondo de novo em evidência o erro das propostas empiristas.

4. Outro ponto fundamental é a **procura da coerência global** (Chalmers, 1990). O facto de trabalhar em termos de hipóteses introduz exigências suplementares de rigor: é preciso duvidar sistematicamente dos resultados obtidos e de todo o processo seguido para obtê-los, o que conduz a revisões contínuas, a tentar obter esses resultados por caminhos diversos e, muito em particular, mostrar a sua coerência com os resultados obtidos em outras situações. É necessário chamar aqui à atenção contra as interpretações simplistas dos resultados experimentais e contra um possível “reducionismo experimentalista”: não basta um tratamento experimental para falsear ou verificar uma hipótese; trata-se sobretudo da existência, ou não, de coerência global com o marco de um *corpus* de conhecimentos.

De facto um dos fins mais importantes da ciência radica na vinculação de domínios aparentemente inconexos. Em efeito, num mundo em que o primeiro que se percebe é a existência de uma grande diversidade de materiais e de seres, submetidos a contínuas mudanças, a ciência procura estabelecer leis e teorias gerais que sejam aplicáveis ao estudo do maior número possível de fenómenos. A teoria atômica molecular da matéria, a síntese electromagnética, os princípios da conservação e transformação, os esforços que se realizam para unificar os distintos tipos de interacção existentes na natureza, etc., são bons exemplos dessa procura de coerência e globalidade, ainda que isto se deva realizar partindo de problemas e situações particulares inicialmente muito con-

cretas. O desenvolvimento científico entranha a finalidade de estabelecer generalizações aplicáveis à natureza. Precisamente essa exigência de aplicabilidade, de funcionamento correcto para descrever fenómenos, realizar previsões, abordar e propor novos problemas, etc., é o que dá validez (que não a certeza ou carácter de verdade indiscutível) aos conceitos, leis e teorias que se elaboram.

5. Por último, é preciso **compreender o carácter social do desenvolvimento científico**, o que se evidencia não só no facto que o ponto de partida do paradigma teórico vigente é a cristalização das contribuições de gerações de investigadores, senão também, em que a investigação responde cada vez mais a estruturas institucionalizadas (Bernal, 1967; Kuhn, 1971; Matthews, 1991 e 1994) em que o labor dos indivíduos é orientado pelas linhas de investigação estabelecidas, pelo trabalho da equipa da que formam parte, carecendo praticamente de sentido a ideia de investigação completamente autónoma. Ainda mais, o trabalho dos homens e mulheres de ciências — como qualquer outra actividade humana — não têm lugar à margem da sociedade em que vivem, e se vê afectado, logicamente, pelos problemas e circunstâncias do momento histórico, do mesmo modo que a sua acção tem uma clara influência sobre o meio físico e social em que se insere. Assinalar isto pode parecer supérfluo, no entanto a ideia de que fazer ciência é pouco menos que uma tarefa de “génios solitários” que se encerram numa torre de marfim, desconectando-se da realidade, constitui uma imagem tópica muito estendida e que o ensino lamentavelmente não ajuda a superar, dado que se limita à transmissão de conteúdos conceptuais e treino em alguma destreza, mas deixando de lado os aspectos históricos e sociais que abarcam o desenvolvimento científico.

Desenha-se assim uma imagem imprecisa, nebulosa da metodologia científica — longe de toda a ideia de algoritmo — em que nada garante que se chegará a um bom resultado, mas que representa, sem dúvida, a melhor forma de orientar o tratamento de um problema científico (como testemunham os impressionantes edifícios teóricos construídos).

Pode se dizer, em síntese, que a essência da orientação científica — deixando de lado toda a ideia de “método” — encontra-se na troca de um pensamento e acção baseados nas “evidências” do sentido comum a um raciocínio em termo de hipóteses, ao mesmo tempo mais criativo (é necessário ir mais além do que parece evidente e imaginar novas possibilidades) e mais rigoroso (é necessário fundamentar e depois submeter à prova, cuidadosamente, as hipóteses, duvidar dos resultados e procurar a coerência global).

É preciso ter presente, por outra parte, que uma característica essencial de uma aproximação científica é a vontade explícita de simplificação e de controlo rigoroso em condições pré-estabelecidas, o que introduz elementos de artificialidade individuáveis, que não devem ser ignorados nem ocultados: os cien-

tistas decidem abordar problemas resolúveis e começam, para isso, ignorando consciente e voluntariamente muitas das características e das situações estudadas, o que evidentemente os “afasta” da realidade; e continuam afastando-se, mediante o que sem dúvida, há que considerar como a essência do trabalho científico: a invenção de hipóteses, a construção de modelos imaginários. O trabalho científico exige, pois tratamentos analíticos, simplificadoros artificiais. Mas isto não supõe, como às vezes se critica, incorrer necessariamente em visões parciais e simplistas: na medida em que se trata de análises e simplificações conscientes, tem-se presente a necessidade de síntese e de estudos de complexidade crescente. Pensemos, por exemplo, que o estabelecimento da unidade da matéria — que constitui um claro apoio a uma visão global, não parciaisada — é uma das maiores conquistas do desenvolvimento científico dos últimos séculos: os princípios de conservação e transformação da matéria e da energia foram estabelecidos, respectivamente, nos séculos XVIII e XIX, mas foi só nos finais do XIX que se produziu a fusão dos três domínios aparentemente autónomos — electricidade, óptica e magnetismo — na teoria electromagnética, abrindo um enorme campo de aplicações que segue revolucionando a nossa vida de cada dia. E não há que esquecer que estes processos de unificação, têm exigido frequentemente atitudes críticas nada cómodas que têm tido que vencer fortes resistências ideológicas e inclusive perseguições e condenações como em casos bem conhecidos, do heliocentrismo e do evolucionismo. A história do pensamento científico é uma constante confirmação de que esta é a forma de fazer ciência, profundizando o conhecimento da realidade em campos definidos, balizados; é esta profundização que permite, posteriormente, chegar a estabelecer laços entre campos aparentemente desligados.

A ideia de “método científico”, em resumo, tem perdido hoje as suas maiúsculas, ou seja, a sua suposta natureza de caminho preciso — conjunto de operações ordenadas — e infalível, assim como a sua suposta neutralidade. Isto não supõe, no entanto, negar o que de específico a ciência moderna tem dado ao tratamento dos problemas: a ruptura com um pensamento baseado em estudos pontuais, nas “evidências” do sentido comum e em certezas dogmáticas, introduzindo um raciocínio que se apoia num sistemático questionamento do óbvio e numa exigência de coerência global, que se tem mostrado de uma extraordinária fecundidade.

A análise do texto anterior permite constatar, uma vez mais, que é perfeitamente possível evitar as visões deformadas que o ensino das ciências costuma transmitir por acção ou omissão. De facto, estas actividades de análise crítica e de elaboração de produtos alternativos terminam por afirmar uma concepção mais adequada da ciência e permitem compreender que a extensão das

visões deformadas é o resultado da ausência, quase absoluta, de reflexão epistemológica e de aceitação acrítica de um ensino por simples transmissão de conhecimentos já elaborados que contribui, como temos vindo a mostrar, a afirmar ditas deformações. Basta, no entanto, uma reflexão crítica como a que estamos favorecendo para se apropriar, com relativa facilidade, de concepções da actividade científica e tecnológica mais adequadas. Mas, merece realmente a pena todo este esforço de clarificação? Abordaremos agora as suas implicações.

Algumas implicações para o ensino das ciências

Obter uma maior compreensão da actividade científica tem em si mesma, um indubitável interesse, em particular para quem é responsável, em boa medida, da educação científica de futuros cidadãos de um mundo impregnado de ciência e tecnologia. Convém recordar, no entanto, que como assinalam Guilbert e Meloche (1993), “ Uma melhor compreensão pelos docentes dos modos de construção do conhecimento científico (...) não é unicamente um debate teórico, senão eminentemente prático”. Trata-se, pois de compreender a importância prática, para a docência, do trabalho realizado e poder tirar um maior proveito do mesmo, perguntando-nos o **que é o que queremos potenciar no trabalho dos nossos alunos e alunas**. O trabalho de clarificação realizado para responder a esta pergunta permite afastar-nos dos habituais reducionismos e incluir aspectos que não só são essenciais a uma investigação científica, senão que resultam imprescindíveis, como diversas linhas de investigação têm mostrado, para favorecer uma aprendizagem significativa das ciências, ou seja, para favorecer a construção de conhecimentos científicos e desenvolver destrezas e atitudes científicas (Gil-Pérez, 1993), tais como os que se citam no Quadro 6.

Quadro 6. Aspectos a incluir num *curriculum* de ciências para favorecer a construção de conhecimentos científicos

1. Apresentam-se situações problemáticas abertas (com o objectivo de que os alunos possam tomar decisões para precisa-las) de um nível de dificuldade adequado (correspondente à sua zona de desenvolvimento próximo)?
2. Propõe-se uma reflexão sobre o possível interesse das situações propostas que dê sentido ao seu estudo (considerando a sua relação com o programa geral de trabalho adoptado, as possíveis, implicações CTSA...)?

Presta-se atenção, em geral, a potenciar atitudes positivas e a que o trabalho se realize num clima próximo ao que é a investigação colectiva (situações em que as opiniões, interesses etc. de cada indivíduo contam) e não num clima de submetimento de tarefas impostas por um professor/“capataz”?

Procura-se evitar toda discriminação (por razões étnicas e sociais...) e, em particular, o uso de uma linguagem sexista, transmissora de expectativas negativas para as mulheres?

3. Propõe-se uma análise qualitativa, significativa, que ajude a compreender e a balizar as situações propostas (à luz dos conhecimentos disponíveis, do interesse do problema etc.) e a formular perguntas operativas sobre o que se procura?

Mostra-se, por outra parte, o papel essencial das matemáticas como instrumento de investigação, que intervém desde a formulação mesma de problemas até à análise dos resultados, sem cair em operativismos cegos?

4. Propõe-se a **emissão de hipóteses**, fundamentadas nos conhecimentos disponíveis, susceptíveis de orientar o tratamento das situações e de fazer explícitas, funcionalmente, as pré-concepções?

Presta-se atenção às pré-concepções (que, insistimos, devem ser contempladas como hipóteses)?

Presta-se atenção à actualização dos conhecimentos que constituem pré-requisitos para o estudo empreendido?

5. Propõe-se a elaboração de estratégias (no plural), incluindo, no seu caso desenhos experimentais?

Presta-se atenção à actividade prática em si mesma (montagens, medidas...) dando à dimensão tecnológica o papel que lhe corresponde neste processo?

Potencia-se a incorporação da tecnologia actual aos desenhos experimentais (ordenadores, electrónica, automatização...) com o objectivo de favorecer uma visão mais correcta da actividade científico-técnica contemporânea?

6. Propõe-se a análise profunda dos resultados (sua interpretação física, fiabilidade, etc.), à luz do corpo de conhecimentos disponíveis, das hipóteses tidas em conta e/ou dos resultados de outras equipas?

Propõe-se uma reflexão sobre os possíveis conflitos entre alguns resultados e as concepções iniciais, favorecendo a “auto-regulação” do trabalho dos alunos?

Promove-se que os estudantes comparem a sua evolução conceptual e metodológica com a experimentada historicamente pela comunidade científica?

7. Propõe-se a consideração de possíveis perspectivas (redelineamento do estudo a outro nível de complexidade, problemas derivados...)

Considera-se, em particular, as implicações CTSA do estudo realizado (possíveis aplicações, repercussões negativas, tomada de decisões...)?

Pede-se a elaboração de “produtos” (protótipos, colecções de objectos, cartazes,...) pondo em ênfase a estreita relação ciência-tecnologia?

8. Pede-se um esforço de integração que considere a contribuição do estudo realizado à construção de um corpo coerente de conhecimentos, as possíveis implicações em outros campos de conhecimentos, etc.?

Pede-se algum trabalho de construção de sínteses, mapas conceptuais, etc., que ponha em relação conhecimentos diversos?

9. Presta-se atenção à comunicação como aspecto essencial da actividade científica?

Propõe-se a elaboração de memórias científicas do trabalho realizado?

Pede-se a leitura e comentário crítico de textos científicos?

Presta-se atenção à verbalização, solicitando comentários significativos que evitem o “operativismo mudo”?

10. Potencia-se a dimensão colectiva do trabalho científico organizando equipas de trabalho e facilitando a interacção entre as equipas e a comunidade científica (representada na classe pelo resto das equipas, o corpo de conhecimentos já construído, os textos, o professor como “perito”...)?

Faz-se ver, em particular, que os resultados de uma só pessoa ou de uma só equipa não bastam para verificar ou falsear uma hipótese?

Contempla-se (e utiliza-se) o corpo de conhecimentos disponíveis como a cristalização do trabalho realizado pela comunidade científica e a expressão do consenso alcançado?

O enriquecimento do *curriculum* do ensino das ciências que reflecte o Quadro 6 é um bom exemplo da incidência positiva que pode ter a clarificação da natureza da ciência. Mas contemplar estes aspectos supõe muito mais que ampliar o curriculum, incluindo as dimensões procedimentais e axiológicas da actividade científica, habitualmente esquecidas na educação: podíamos dizer que a incorporação de aspectos como os que foram citados no Quadro 6 exige que o processo ensino/aprendizagem das ciências deixe de estar baseado na transmissão através do professor e dos livros de textos de conhecimentos já elaborados para a sua recepção/assimilação pelos estudantes. E partir de situações problemáticas abertas, discutindo o seu possível interesse e relevância, procedendo a aproximações qualitativas e à construção de soluções tentativas, hipotéticas, destinadas a ser postas à prova e a integrar-se no seu caso, no corpo

de conhecimentos de que se parte, transformando-o, etc., supõe actuar como cientistas. E isto, por sua vez, exige um ambiente adequado, em que o professor impulse e oriente esta actividade dos estudantes, que de simples receptores passam a desempenhar o papel de novos investigadores, que contam com o apoio do professor como perito (Gil-Pérez et al., 1991).

Em síntese não é possível superar a imagem reducionista e distorcida da ciência sem incorporar os aspectos citados no Quadro 6, e essa incorporação supõe reorientar o trabalho dos estudantes para aproximá-lo do que é a actividade científica. Daí a importância de uma profundização epistemológica como a que temos realizado e que completamos nos capítulos seguintes.

Referências bibliográficas neste capítulo 2

- ABRAMS, E. e WANDERSEE, J. H. (1995). How to infuse actual scientific research practices into science classroom instruction. *International Journal of Science Education*, 17, 6, 683-694.
- ACEVEDO, J. A. (1996). La tecnología en las relaciones cts. una aproximación al tema. *Enseñanza de las ciencias*, 14 (1), 35-44.
- BACHELARD, G. (1938). *La Formation de L'esprit scientifique*. Paris: Vrin.
- BELL, B. F. e PEARSON, J. (1992). Better Learning. *International Journal of Science Education*, 14 (3), 349-361.
- BERNAL, J. D. (1967). *Historia Social de la Ciencia*. Barcelona: Península.
- BUNGE, M. (1976). *Filosofía de la Física*. Barcelona: Ariel.
- BUNGE, M. (1980). *Epistemología*. Barcelona: Ariel.
- BUNGE, M. (1997) *Ciencia, Técnica y Desarrollo*. Buenos Aires: Juárez Ed.
- BYBEE, R. (2000). Achieving Technological Literacy: A National Imperative. *The Technology Teacher*, September 2000, 23-28.
- CAJAS, F. (1999). Public Understanding of Science: Using technology to Enhance School Science in Everyday Life. *International Journal of Science Education*, 21(7), 765-773.
- CAJAS, F. (2001). Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 243-254.
- CHALMERS, A. F. (1990). *Science and its fabrication*. Minneapolis, MP: University of Minnesota Press.
- CLEMINSON, A. (1990). Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and of how children learn science, *Journal of Research in Science Teaching*, 27, (5), 429- 445.
- DÉSAUTELS, J. e LAROCHELLE, M. (1998b). The epistemology of students: The "thingified" nature of scientific knowledge. Em Fraser, B. e Tobin, K. (Eds.) *International Handbook of Science Education*, London: Kluber.

- DÉSAUTELS, J., LAROCHELLE, M., GAGNÉ, B. e RUEL, F. (1993). La formation a l'enseignement des sciences: le virage épistémologique. *Didaskalia*, 1, 49-67.
- DE VRIES, M. (1996). Technology Education: Beyond the 'Technology is Applied Science' Paradigm (Guest Article). *Journal of Technology Education*, 8(1), 7-15.
- DRIVER, R. e OLDFHAM, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- ESTANY, A. (1990). *Modelos de cambio científico*. Barcelona: Editorial Crítica.
- FERNÁNDEZ, I. (2000). Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: Una propuesta de transformación. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València.
- FERNÁNDEZ, I., GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, J. e PRAIA, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), 477-488.
- FEYERABEND, P. (1975). *Against Method*. Londres: Verso. (Existe traducción al castellano en Madrid: Siglo XXI).
- FRASER, B. J. e TOBIN, K. G. (Eds.) (1998). *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publishers.
- GABEL, D. L. (Ed.) (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: McMillan.
- GARDNER, P. L. (1994). Representations of the relationship between Science and Technology in the curriculum. *Studies in Science Education*, 24, 1-28.
- GASKELL, P. J. (1992). Authentic science and school science. *International Journal of Science Education*, v. 14, n° 3, 265-272.
- GIERE, R. N. (1988). *Explaining Science. A cognitive approach*. Chicago: The University of Chicago Press.
- GIL-PÉREZ, D. (1993). Contribución de la historia y 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., CARRASCOSA, J., DUMAS-CARRÉ, A., FURIÓ, C., GALLEGU, N., GENÉ, A., GONZÁLEZ, E., GUIASOLA, J., MARTINEZ, J., PESSOA, A. SALINAS, J., TRICÁRICO, H. e VALDÉS, P. (1999). ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Enseñanza de las Ciencias*, 17, (3), 503-512.
- GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J. FURIÓ, C. e MARTINEZ-TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. ICE/Universidad de Barcelona. Barcelona: Horsori.
- GIL-PÉREZ, D., FERNÁNDEZ, I., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, A. e PRAIA, J. (2001). Por uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7 (2), 125-153.
- GILBERT, J.K. (1992). The interface between science education and technology education. *International Journal of Science Education*, 14(5), 563-578.

- GILBERT, J. K. (1995). Educación tecnológica: una nueva asignatura en todo el mundo. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 15-24.
- GIORDAN, A. (1978). Observation — Expérimentation: mais comment les élèves apprennent-ils? *Revue Française de Pédagogie*, 44, 66-73. Traducción española en *Infancia y Aprendizaje*, 1978, número 13.
- GUILBERT, L. e MELOCHE, D. (1993). L'idée de science chez des enseignants en formation: un lieu entre l'histoire des sciences et l'hétérogénéité des visions. *Didaskalia*, 2, 7-30.
- HACKING, I. (1983). *Representing and Intervening*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. Traducción de S. García (1996): *Representar e intervenir*. Seminario de Problemas Científicos y Filosóficos, UNAM; Instituto de Investigaciones Filosóficas, México D. F.: UNAM/Paidós.
- HANSON, N. R. (1958). *Patterns of Discovery. An inquiry into the conceptual foundations of science*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. Traducción de E. García Camarero (1977): *Patrones de descubrimiento. Investigación de las bases conceptuales de la ciencia*.
- HEMPEL, C. G. (1976). *Filosofía de la ciencia natural*. Madrid: Alianza.
- HEWSON, P. W., KERBY, H. W. e COOK, P. A. (1995). Determining the conceptions of teaching science held by experienced high school science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 32, (5), 503-520.
- HILL, A. (1998). Problem Solving in Real-Life contexts: An Alternative for Design in Technology Education. *International Journal of Technology and Design Education*, 8, 203-220.
- HODSON, D. (1985). Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, 12, 25-57.
- HODSON, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, Vol. 14, 541-562.
- HODSON, D. (1993). Philosophy stance of secondary school science teachers, curriculum experiences and children's understanding of science: some preliminary findings. *Interchange*, 24 (1 e 2) 41-52.
- HODSON, D. (1994). Seeking Directions for Change. The Personalization and Politisation of Science Education. *Curriculum Studies*, 2 (1), 71-98.
- IZQUIERDO, M., SANMARTÍ, N. e ESPINET, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-59.
- JIMENEZ, ALEIXANDRE, M. P. (1995). La formación del profesorado de ciencias y matemáticas en España y Portugal. Publicación del departamento de Didáctica de las Ciencias. Universidad de Extremadura.
- KING, B. B. (1991). Beginning Teachers Knowledge of and Attitude Towards History and Philosophy of Science. *Science Education*, 75(1), 135-141.

- KUHN, TH. S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de cultura económica.
- LAKATOS, I. (1982). *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*. Madrid: Tecnos.
- LAKATOS, I. (1989). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Editorial.
- LAKIN, S. e WELLINGTON, J. (1994). Who will teach the “nature of science”? Teachers view of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education*, 16(2), 175-190.
- LANGVIN, P. (1926). La valeur éducative de l'histoire des sciences. *Bulletin de la Société Française de Pédagogie*, 22. Décembre 1926.
- LAUDAN, L. (1984). *Science and values: the aims of science and their role in the scientific debate*. Berkeley: University of California Press.
- LINN, M.C. (1987). Establishing a research base for science education: challenges, trends and recommendations. *Journal of Research in Science Teaching*, 24 (3), 191-216.
- LÓPEZ CUBINO, R. (2001). *El área de Tecnología en Secundaria*. Madrid: Narcea.
- MAIZTEGUI, A., ACEVEDO, J. A., CAAMAÑO, A., CACHAPUZ, A., CAÑAL, P., CARVALHO, A. M. P., DEL CARMEN, L., DUMAS CARRÉ, A., GARRITZ, A., GILPÉREZ, D., GONZÁLEZ, E., GRAS-MARTÍ, A., GUIASOLA, J., LÓPEZ-CEREZO J. A., MACEDO, B., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., MORENO, A., PRAIA, J., RUEDA, C., TRICÁRICO, H., VALDÉS, P. e VILCHES, A. (2002). Papel de la tecnología en la educación científica: una dimensión olvidada. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 129-155.
- MATTHEWS, M. R. (1991). Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las ciencias. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 11-12, 141-155.
- MATTHEWS, M. R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 255-277.
- McCOMAS, W. F. (Ed.) (1998). *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*, Dordrecht/Boston London: Kluwer Academic Publishers.
- MEDWAY, P. (1989). Issues in the theory and practice of technology education. *Studies in Science Education*, 16, 1-24.
- MITCHAM, C. (1989). *¿Qué es la filosofía de la tecnología?* Barcelona: Anthropos-Servicio Editorial del País Vasco.
- MORENO, A. (1988). *Aproximación a la física. Una historia de visionarios, rebeldes y creadores*. Madrid: Mondadori.
- MOSTERÍN J. (1990). Prólogo al libro de Estany A. *Modelos de cambio científico*. Barcelona: Editorial Crítica.
- NIINILUOTO, I. (1997). Ciencia frente a Tecnología: ¿Diferencia o identidad? *Arbor*, 620, 285-299.
- NUSSBAUM, J. (1989). Classroom conceptual change: philosophical perspectives. *International Journal in Science Education*, v. 11, Special Issue, 530-540.
- PERALES, F. J. e CAÑAL, P. (2000). *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Alcoy: Marfil.

- PIAGET, J. (1970). *La epistemología genética*. Barcelona: Redondo.
- POMEROY, D. (1993). Implications of teachers' beliefs about the nature of science: Comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. *Science Education*, 77(3), 261-278.
- POPPER, K. R. (1962). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
- QUINTANILLA, M. A. e SÁNCHEZ RON, J. M. (1997). *Ciencia Tecnología y Sociedad*. Madrid: Santillana.
- RODRÍGUEZ, G. D. (1998). Ciencia, Tecnología y Sociedad: Una mirada desde la educación en Tecnología. *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 107-143.
- ROTH, W. M. e LUCAS, K. B. (1997). From "Truth" to "Invented Reality": A Discourse Analysis of High School Physics Students' Talk about Scientific Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 34, (2), 145-179.
- ROTH, W. M. e ROYCHONDHURY, A. (1994). Students' Epistemologies and Views about Knowing and Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 31(1), 5-30.
- SALTIEL, E. e VIENNOT, L. (1985). ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes? *Enseñanza de las Ciencias*, 3 (2), 137-144.
- SÁNCHEZ RON, J. M. (1994) ¿El conocimiento científico prenda de felicidad? Em Nadal, J. (Ed.). *El mundo que viene*, 221- 246. Madrid: Alianza.
- SELLEY, N. J. (1989). The philosophy of school science. *Interchange*, 20, (2), 24-32.
- SOLBES, J. e VILCHES, A. (1997). STS interactions and the teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81(4), 377-386.
- SOLBES, J. e VILCHES, A. (1998). Las interacciones CTS en los nuevos textos de secundaria. Em Banet, E. e De Pro, A. (Coords.). *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*, v. 1, 142-147. Murcia: D. M.
- SOLOMON, J. (1987). Social influences on the construction of pupils' understanding of science. *Studies in Science Education*, 14, 63-82.
- SOLOMON, J., DUVEEN, J. e SCOTT, L. (1994). Pupils' images of scientific epistemology. *International Journal of Science Education*, v. 16, (3), 361-373.
- STINNER, A. (1992). Science textbooks and science teaching: from logic to evidence. *Science Education*, 76, (1), 1-16.
- THOMAZ, M. F., CRUZ, M. N., MARTINS, I. P. e CACHAPUZ, A. F. (1996). Concepciones de futuros profesores del primer ciclo de primaria sobre la naturaleza de la ciencia: Contribuciones de la formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 315-322.
- TOULMIN, S. (1977). *La comprensión humana. I: el uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza.
- TRAVER, M. J. (1996). La història de les ciències en l'ensenyament de la Física i la Química. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València, 1996.

Capítulo 3*

PROBLEMA, TEORIA E OBSERVAÇÃO EM CIÊNCIA: PARA UMA REORIENTAÇÃO EPISTEMOLÓGICA DA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA

Introdução

Começamos por desenvolver algumas ideias centrais sobre a articulação entre quadros de referência oriundos da(s) epistemologia(s) e a educação em ciência e referiremos a necessidade de uma fundamentação centrada em orientações pós-positivistas, sistematizando ideias *quasi* consensuais sobre a designada “Nova Filosofia da Ciência”. Faz-se notar que tal consenso não se situa no âmbito das próprias epistemologias, mas antes decorre da necessidade da sua apropriação pela educação em ciência. Em seguida, apresentamos algumas ideias no âmbito de uma visão internalista, isto é, que decorre no interior da própria construção do conhecimento científico e em torno do contexto de justificação. Enumeram-se ideias sobre o papel desempenhado pela(s) teoria (s), sendo discutida também a dialéctica teoria-observação-teoria, a pensar na sua particular relevância para uma adequada transposição didáctica, capaz de promover configurações educativas de sentido investigativo. Desenvolvem-se ainda algumas

* Este capítulo teve por base o seguinte trabalho: PRAIA, J., CACHAPUZ, A. e GIL-PÉREZ, D. (2002). Problema, Teoria e Observação em Ciência: para uma reorientação epistemológica da Educação em Ciência. *Ciência & Educação*, 8 (1), 127-145.

ideias em torno da importância das teorias científicas para a construção do conhecimento, sobretudo em relação ao estatuto que possuem e atendendo aos diferentes níveis explicativos e compreensivos em que se encontram.

Da epistemologia

Antes de mais, “incorrendo no perigo de provocar uma leitura demasiado simplista, e não mistificar o que pretendemos transmitir, diremos que a diferença fundamental entre ciência e filosofia da ciência é intencional: na ciência faz-se, na filosofia pensa-se como se faz, para que se faz e porque se faz” (Gonçalves, 1991).

Por outro lado, como nos diz (Izquierdo, 2000), para uns, a ciência corre o perigo de se converter num dogmatismo opressor, que rechaçam e criticam; para outros, de chegar a ser a grande desconhecida da maior parte da população, que valoriza cada vez mais a mudança, as pseudociências ou as superstições. Estes últimos, entre os quais há muitos professores de ciências procuram mecanismos novos de difusão e de ensino das ciências: contudo, encontram-se com muitas dificuldades, porque o conceito de ciência experimental mudou profundamente nos últimos 25 anos.

Assim, a educação em ciência enquanto área emergente do saber em estreita conexão com a ciência necessita da epistemologia para uma fundamentada orientação, devendo ser ainda um referencial seguro para uma mais adequada construção das suas análises. A epistemologia¹ ao pretender saber das características do que é ou não é específico da cientificidade e tendo como objecto de estudo a reflexão sobre a produção da ciência, sobre os seus fundamentos e métodos, sobre o seu crescimento, sobre os contextos de descoberta, não constitui uma construção racional isolada. Ela faz parte de uma teia de relações, muitas vezes oculta, mas que importa trazer ao de cima numa educação científica que ao reflectir sobre as suas finalidades, sobre os seus fundamentos e raízes, sobre as incidências que produz no ensino praticado e nas aprendizagens realizadas pelos alunos se esclarece na própria orientação epistemológica que segue. O reconhecimento da existência de relações entre a epistemologia e o ensino e aprendizagem das ciências faz parte de uma espécie de consenso, às vezes tácito, às vezes explícito, dentro da comunidade científica que trabalha no âm-

1. Na tradição continental e sobretudo latina a expressão “filosofia das ciências” confunde-se com a de “epistemologia” (Carrilho, 1994).

bito da educação em ciência (Burbules e Linn, 1991). Assim, torna-se necessário explorar aspectos da epistemologia que possam ser relevantes para certos aspectos da educação científica. A epistemologia está necessariamente implícita em qualquer currículo de ciências. É dela em boa parte a concepção de ciência que é ensinada. É nossa convicção, pois, que o conhecimento de epistemologia torna os professores capazes de melhor compreender que ciência estão a ensinar, ajuda-os na preparação e na orientação a dar às suas aulas e dá um significado mais claro e credível às suas propostas. Tal conhecimento ajuda, e também obriga, os professores a explicitarem os seus pontos de vista, designadamente sobre quais as teses epistemológicas subjacentes à construção do conhecimento científico, sobre o papel da teoria, da sua relação com a observação, da hipótese, da experimentação, sobre o método, e ainda aspectos ligados à validade e legitimidade dos seus resultados, sobre o papel da comunidade científica e suas relações com a sociedade (Fernández, 2000; Gil-Pérez et al., 2001). Deste modo, a epistemologia ajuda os professores a melhorarem as suas próprias concepções de ciência e à fundamentação da sua acção pedagógico-didáctica. Questionar, discutir e reflectir acerca da pertinência de conexões entre ciência/epistemologia/educação em ciência é um exercício necessário aos professores para poderem fundamentadamente fazer as suas opções científico-educacionais. Do que se trata é de interligar não linearmente, de forma frutuosa, o conhecimento científico — marcado ontologicamente por uma realidade existente — enquanto construção racional e produção social com possíveis incidências a nível da educação científica formal e não formal, porém culturalmente exigente. Trata-se de apropriações complexas que decorrem da epistemologia, mas onde as especificidades do discurso daquela área do conhecimento se tornam intencionalmente esbatidas quando transpostas para o campo educativo-didáctico. Transposição nada simples.

Entretanto, como refere Hodson (1988), “apesar do crescente número de livros e artigos relacionados com as questões básicas da filosofia da ciência, os professores permanecem muito mal informados”. Mellado (1977) diz-nos também que “existe também uma coincidência *quasi* generalizada entre os investigadores ao destacar que a filosofia da ciência não se inclui nos programas de formação de professores de ciências; porém, que deveria abordar-se ajudando os professores em formação a reflectir sobre as suas próprias concepções epistemológicas”.

Ora, a abordagem que pretendemos realizar parte de estudos (empíricos) de investigação em educação em ciência, cujos resultados referem que as concepções de ciência que os professores possuem têm implicações no modo como

a ensinam e, se assim é, torna-se necessário criar espaços e tempos em que o professor deve contactar com as principais concepções de ciência, reflectir nelas, discuti-las, confrontá-las, aprofundando as suas próprias concepções e daí retirando indicações, orientações e ensinamentos quanto às estratégias, métodos e procedimentos a adoptar no seu trabalho docente (Gil-Pérez et al., 2001). Muitos investigadores educacionais referem mesmo que os avanços no ensino das ciências serão limitados enquanto a educação em ciência for deixada a professores ou a formadores de professores sem bases teóricas e desvalorizando a reflexão epistemológica. Dito de outra maneira, o tempo de serviço não é qualificação para uma análise crítica a nível epistemológico.

Ainda que o presente artigo, por opção, não se refira especificamente a teses epistemológicas de filósofos da ciência contemporâneos, importa referir que se têm verificado posições determinantes na epistemologia, como as Popper (1975, 1983, 1986), Bachelard (1938, 1981), Toulmin (1977) e as trazidas pela reflexão em torno de Kuhn (1971), Bunge (1976, 1980), Lakatos (1989), Laudan (1984), Chalmers (1992),... Tais teses são sempre ignoradas quase nunca contempladas na educação em ciência e, por deslizamento no próprio ensino das ciências. O que transparece muitas vezes nos currículos de ciências são concepções incoerentes e desajustadas, nomeadamente, de natureza empirista e indutivista que se afastam claramente das que a literatura contemporânea considera fundamentais a propósito da produção científica e do que significa hoje a ideia de ciência.

Tais ideias, bem sistematizadas por Cleminson (1990), traduzem os princípios da designada *Nova Filosofia da Ciência*. Assim:

1. Scientific knowledge is tentative and should never be equated with truth. It has only temporary status.
2. Observation alone cannot give rise to scientific knowledge in a simple inductivist manner. We view the world through theoretical lenses built up from prior knowledge. There can be no sharp distinction between observation and inference.
3. New knowledge in science is produced by creative acts of the imagination allied with the methods of scientific inquiry. As such science is a personal and immensely human activity.
4. Acquisition of new scientific knowledge is problematic and never easy. Abandoning cherished knowledge that has been falsified usually occurs with reluctance.
5. Scientists study a world of which they are a part, not a world from which they are apart.

Contexto de justificação

O Problema em Ciência

Em relação à problematização, como fase essencial do processo investigativo, Bachelard (1981) releva-a quando refere que “sem a interrogação não pode haver conhecimento científico; nada é evidente, nada nos é dado, tudo é construído”. Também para Popper (1975, 1983, 1986) toda a discussão científica deve partir de um problema (P1), ao qual se oferecesse uma espécie de solução provisória, uma *teoria-tentativa* (TT), passando-se depois a criticar a solução, com vistas à *eliminação do erro* (EE); e, tal como no caso da dialéctica (tese: antítese: síntese), esse processo se renovaria a si mesmo, dando surgimento a novos *problemas* (P2).

Ao invés, numa perspectiva marcadamente empirista, o problema nasce, muitas vezes, de uma situação ditada quase só pela realidade observada. O problema não emerge no seio de uma problemática teórica e parece, em parte, terminar com a solução encontrada. Outros se seguirão para, num sentido continuista, acumularem conhecimento científico, que avança por parcelas, sem rupturas, sem desvios e sem que outros problemas no quadro da mesma problemática entretanto, tenham surgido.

Em ruptura com esta visão de pendor empirista/indutivista, importa que os alunos possam tomar consciência da construção dinâmica do conhecimento, das suas limitações, da constante luta em busca da verdade e não de certezas. Está em jogo a necessidade do exercício da imaginação e da intuição intelectual, na “ousadia” que deve estar presente aquando da tentativa de resolução do problema e em todo o trabalho de produção científica. Se o problema é o princípio, não é por certo o fim mesmo após a (re)solução, que é provisoriamente aceite já que este se insere numa correlação de argumentos.

Os manuais escolares, assim como muitas práticas dos professores denotam uma ausência de uma definição clara da situação problema em estudo (Campos e Cachapuz, 1997). Os alunos, muitas vezes, não sabem do que andam à procura e ainda que tentem dar umnexo aos seus conhecimentos fazem-no desgarradamente, por parcelas, já que lhes falta um fio condutor, um organizador, um problema que unifique as ideias. Em particular, no trabalho experimental, os estudantes executam tarefas sem saber para onde caminham e que respostas hão-de dar e a quê. Parece — e parece-lhes — que os conhecimentos surgem claros, óbvios e não precisam de ser interrogados e têm uma

resposta que surge natural. Esta é a pior maneira de usar um bom instrumento de aprendizagem.

Ora, os problemas devem, de preferência, ser colocados pelos alunos, ou por eles assumidos, ou seja, devem-nos sentir como seus, terem significado pessoal, pois só assim temos a razoável certeza de que correspondem a dúvidas, a interrogações, a inquietações — de acordo com o seu nível de desenvolvimento e de conhecimentos. Encontra-se, aqui, uma das principais fontes de motivação intrínseca, que deve ser estimulada no sentido de se criar nos alunos um clima de verdadeiro desafio intelectual, um ambiente de aprendizagem de que as nossas aulas de ciências são hoje tão carentes.

A(s) Teorias em Ciência

As teorias científicas, enquanto versões em construção ao longo dos tempos, evidenciam as mudanças e a complexidade das relações entre os conceitos, assim como as próprias visões das comunidades científicas de determinada época. Merecem, pois, um tratamento cuidado no ensino, procurando-se através do exercício da sua construção uma compreensão mais autêntica das dificuldades e dos obstáculos porque passam até se imporem na comunidade científica. Elas são o que de mais essencial existe numa determinada área científica, o que em grande parte determina os problemas a investigar, as metodologias a desenvolver e os referenciais para avaliar dos resultados da investigação. A comunidade científica flutua entre épocas em que há consensos e épocas em que tal não existe mostrando, pois, que as teorias são as nossas melhores explicações sobre o mundo num determinado tempo. Não são intemporais mas também não vagueiam e mudam ao longo dos tempos sem orientação. Em cada época, determinada(s) disciplina(s) científica(s) desenvolve(m)-se através de teorias centrais. Importa que elas não se apresentem descaracterizadas no ensino, como simples descrições e às quais o professor dedica pouco tempo — às vezes não mais do que simples definições. Elas devem constituir, pelo contrário, uma referência para a selecção e a organização dos conteúdos científicos, devendo ser como que um elemento central para a compreensão da ciência, enquanto projecto — antropológico, social, cultural, axiológico, ético. Os materiais didácticos intencionalmente estruturados para a exploração das mudanças ocorridas com as teorias ajudam a compreender os caminhos porque passam desde o seu nascimento até ao seu desmoronamento. Duschl (1997) indica-nos instrumentos úteis para os professo-

res de ciências melhor planificarem o ensino e de entre as características das teorias científicas refere-se aos:

- i) mecanismos relativos à sua mudança;
- ii) critérios para as classificar;
- iii) procedimentos para as avaliar;
- iv) pontos de vista de teorias rivais.

Sendo uma das finalidades da investigação científica desenvolver a compreensão racional do mundo, ela passa pelo estágio de explicação científica a partir da aceitação e do estabelecimento da teoria. A sua construção é, quase sempre, o resultado de um longo processo que percorre caminhos sinuosos e cujas metodologias e actividades envolvem desde relações e interpretações imaginativas, de argumentações fundamentadas, de formulações criativas, de interrogações, de modelizações, passando pela recolha cuidada e intencional de informação, de elementos observáveis (ou não), porém, sempre pensados através de hipóteses criativamente formuladas. Trata-se da passagem de um estágio de descrição (exaustiva) ao de interpretação explicativa e criativa, viajando através de relações entre os factos, com logicidade empírica e racional e reflexividade apoiada, passando à construção da teoria enquanto desenvolvimento susceptível de levar a generalizações (jamais de leis universais) extraídas de tais relações. Os factos em si mesmos não proporcionam a compreensão do mundo, eles necessitam de se constituírem em relações, em teias de relações plausíveis. É possível gerar interpretações diferentes a partir dos mesmos dados. Porém, o mais comum é que se construam interpretações diferentes por via de se compilarem novos dados, já que quer os avanços tecnológicos possibilitando novas observações quer as questões sociais (re)orientando e desenvolvendo novos campos de pesquisa, são fonte de outros novos dados. Daí estabelecerem-se novas relações qualitativamente mais profícuas e heurísticamente mais capazes de conduzirem a novas interpretações do mundo. As novas teorias científicas não são um produto de acumulação de informação, não são a simples adição de novas ideias, factos vindos das teorias antigas. São antes o resultado de processos de construção e de elaboração árduos e laboriosamente pensados por investigadores frequentemente em discórdia, com argumentos e contra-argumentos. São quase sempre fruto de dezenas de anos em busca de afirmação e não um simples processo de substituição e de revisão. Acresce que as novas teorias são (quase sempre) recebidas com bastante cepticismo. Apenas algumas passam as malhas apertadas e as rigorosas provas impostas por uma comunidade científica exigente, que defende, quase sempre, acerrimamente, as

orientações já aceites e que mostra pouca abertura, ou no mínimo, imediatas reservas e mesmo suspeitas. Por outro lado, constata-se que quer a obtenção de dados quer o seu tratamento estando dependentes dos enormes avanços tecnológicos de hoje podem conduzir a interpretações diferentes das até aí desenvolvidas, podendo vir a perturbar as teorias então aceites.

A ciência é uma actividade em que o acordo nem sempre é possível, nem fácil. O desacordo, muitas vezes *escondido* e constituindo a face oculta da ciência — ciência privada — confere-lhe uma complexidade quer na sua construção e argumentação quer na sua (re)organização e (re)orientação em face dos paradigmas que se *anunciam*. Só assim se compreende quanto a ciência é uma actividade difícil de compreender totalmente, implicando uma vivência e experienciação difíceis de *apanhar* em toda a sua extensão. Exaltar não apenas os êxitos e analisar os factos que se constituem em conceitos e estes em teorias não dá uma visão adequada deste empreendimento humano. Uma teoria degenera se depara com problemas empíricos e conceptuais e progride se os evita e os ultrapassa. Quanto mais problemas empíricos passados, presentes e futuros resolver uma teoria e quantos mais problemas evitar, mais progressiva será, assim como a tradição científica que a viu nascer. Poderá ser degenerativa se, pelo contrário, for incapaz de resolver problemas empíricos e se se enfrentar com problemas conceptuais. A aceitação de uma teoria está pois, antes de mais, dependente da sua capacidade de resolver problemas empíricos e de evitar disputas conceptuais. O seu estatuto varia com o tempo e com a capacidade heurística para resolver problemas, bem como prever factos novos. A classificação em teorias centrais, fronteiriças e periféricas tal como se apresenta na figura abaixo, proposta por Duschl (1997), apresenta um valor educativo, que no contexto deste trabalho importa realçar.

Assim, o núcleo interno é representado por teorias centrais sustentado em ideias sólidas e firmes que constituem a corrente principal da ciência e para as quais não existem alternativas. O segundo nível é o designado nível fronteiriço das teorias científicas, ou seja, aquele que fazendo parte do corpo estabelecido de uma disciplina, baseado também em provas científicas sólidas, reconhecido pela comunidade possui, porém, no seu seio anomalias pendentes. No terceiro nível encontram-se as teorias marginais, especulativas que carecem sempre, no seu início, de comprovação empírica. Destas algumas são revolucionárias e poderão mesmo vir a alcançar os níveis superiores, outras convertem-se em excêntricas. Tal significa dizer que se reconhece às teorias estatutos diferentes num determinado quadro disciplinar. A título de exemplo referem-se como pertencentes à zona central a teoria celular, a teoria cinética, as leis de Kepler,...

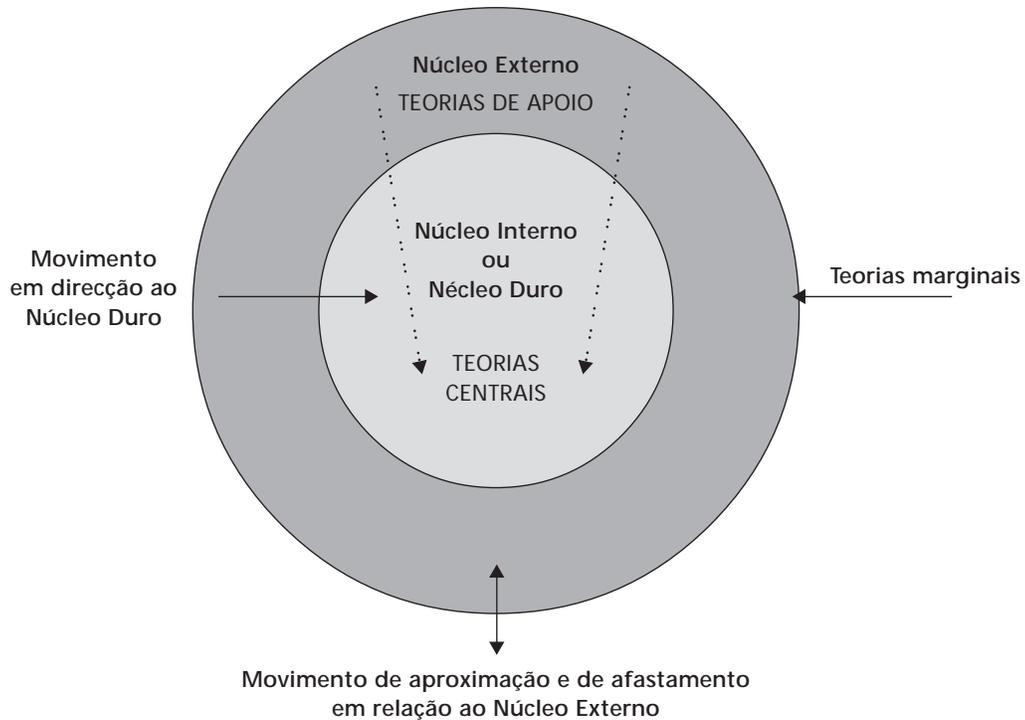


Fig. 1 Metáfora da bola para classificar e hierarquizar as teorias científicas
(Adaptado de Duschl, 1997)

à zona de fronteira a tectónica de placas, a teoria da evolução, teoria do Big-Bang ... à zona marginal, por exemplo, a extinção dos dinossáurios e sua relação com a queda de meteoritos.

O debate na comunidade científica tende, em determinado momento, a centrar-se nesta zona de marginalidade onde muitas vezes reside a “confusão” epistemológica e uma luta pela sobrevivência para conseguir, mais tarde, que a teoria ascenda a um nível superior. Nesta zona periférica reina muita conflitualidade e emoção, sendo nesta zona que se iniciam as novas explicações. Examinar a progressão de algumas explicações teóricas da periferia para a fronteira e desta para o centro é um exercício necessário para uma mais adequada compreensão científica pelos estudantes. Assim sendo, a educação em ciência não deve deixar de se preocupar também em apresentar as teorias marginais, ainda

que não devam ser colocadas ao mesmo nível das de fronteira ou das centrais. As teorias centrais e fronteiriças constituem um corpo explicativo para cada uma das disciplinas científicas, funcionando como guias que determinam as restantes actividades científicas. Elas estabelecem as questões a serem objecto de investigação, as metodologias para a experimentação, os critérios para uma possível aceitação (confirmação positiva), refutação (confirmação negativa) ou mesmo poderem ser rejeitadas por evidências vindas dos resultados experimentais (re)teorizados. E interferem também quando se torna necessário encontrar novas orientações teóricas.

No que se refere à educação em ciência deve evitar-se a excessiva simplificação da estrutura e do papel desempenhado pela teorias, já que quando tal acontece está a dar-se uma ideia de ciência finalizada, como retórica de conclusões, não se evidenciando a complexidade da sua construção antes reforçando-se uma visão autoritária da ciência, não se dando realmente relevo à ideia de um questionamento contínuo, de dúvida, face à forma final do produto final apresentado. A mudança de teoria é, pois, um elemento natural em todas as disciplinas e o desafio que é feito aos professores consiste em captar, sobretudo, o carácter evolutivo do conhecimento científico.

Porém, importa salientar e ter bem presente no espírito do professor que o tempo de ensino, já de si escasso, não corresponde às necessidades de aprendizagem e impede o professor de apresentar este longo caminho de crescimento do conhecimento, não fazendo ressaltar esta substituição progressiva, evolutiva e algumas vezes catastrófica das teorias umas pelas outras. O dinamismo da ciência está presente neste longo caminhar, enquanto conquista humana, num percurso histórico que ajuda a compreender melhor as suas vicissitudes. Como conciliar todo este percurso no âmbito educacional com o factor tempo, porventura o maior obstáculo colocado aos professores no cumprimento curricular. O que está em causa é evitar que a actividade científica seja apenas apresentada sob a forma formal final de informação ou mesmo de um mero conhecimento adquirido, sem a necessária compreensão de como se lá chegou. Ou seja, a ciência como retórica de conclusões. Importa passar-se a atribuir significado central ao conhecimento científico e poder-se-á falar de verdadeira compreensão científica, cumprindo uma das expectativas de hoje da sociedade em geral e da comunidade educativa em particular — o sucesso educativo de todos, enquanto utopia, mas também como meta final a perseguir e a construir, a abraçar pela Escola em conjugação de esforços com toda as forças e movimentos sociais. Diríamos a caminho de uma sociedade democrática mais alfabetizada cientificamente e também mais consciente dos seus limites de intervenção e, por

isso, mais educacionalmente militante e reivindicativa dos seus direitos que correm a par de responsabilidades a assumir e acrescidas na construo de um quotidiano mais solidário.

A Observao e a Teoria em Cincia

A perspectiva epistemológica quase sempre implícita e algumas vezes explícita em currículos de ciências é de raiz tendencialmente empirista-indutivista. Podemos afirmar que foi esta a concepo herdada do positivismo e que está implícita em recomendações que se fazem aos alunos: façam observações repetidas, observem com ateno, seleccionem as observações importantes, A questo não é, naturalmente, de desvalorizar o papel da observao em ciência ou no ensino das ciências mas sim de reapreciar o seu papel e estatuto na construo do conhecimento. Segundo os empiristas clássicos a ciência começa com a observao, devendo o observador registar de um modo fidedigno tudo aquilo que pode ver, ouvir, etc., para a partir daqui estabelecer uma série de enunciados dos quais derivam as leis e as teorias científicas que vão constituir o conhecimento científico. No empirismo clássico garante-se a possibilidade de controlo da teoria científica com base nos dados observacionais neutros, isto é, destituídos da componente teórica sendo mesmo recusada qualquer interpretação que ultrapasse, estritamente, a observao. Estas concepções arrastam consequências a nível do ensino, para quem os factos científicos passam a dar significado às teorias, sendo a observao, pois, a etapa mais importante do designado método científico. Os professores exigem (e bem) observações exactas, precisas, metódicas, repetidas, No entanto, a observao meticulosa faz crer então, aos alunos, que a aprendizagem foi de imediato atingida e que os conceitos foram compreendidos e construídos a partir das observações! Por esclarecer fica p. ex., o que é uma observao importante? Confunde-se pois ver com olhar. Neste quadro teórico, a validade dos dados observados é garantida como independente das opiniões e das expectativas do observador e pode ser confirmada pelo uso directo dos sentidos. Esta ideia, defendida pelos empiristas, tem implícita uma outra, a de que nada entra na nossa mente a não ser pelos sentidos e de que a mente é uma “tábua rasa” onde os sentidos “gravam” um registo fiel e verdadeiro do mundo (Locke citado por Hodson 1986). Porém, as nossas mentes não estão em branco, pois nós interpretamos os dados sensoriais, que a nossa mente apreende, como se fossem conhecimentos anteriores. Como diz Kant citado ainda por Hodson (1986) “tudo o que chega à consciência é profundo e completamente ajustado, simplificado, esquematizado e interpre-

tado”. A ideia empirista de que a observação é o ponto de partida na construção do conhecimento científico não pode pois deixar de ser fortemente questionada no ensino das ciências, devendo o trabalho desenvolvido com os alunos rejeitar tal ideia, aliás também muito espalhada entre os professores portugueses (Praia e Cachapuz, 1994a e 1994b). A observação científica é, pois, uma ferramenta usada pelos investigadores e que se reveste de características diferentes das observações usadas no quotidiano. A observação científica *versus* observação de senso comum implica, pois, uma discussão pertinente. A observação não é, sistematicamente, o ponto de partida, mas mesmo que o fosse em determinado contexto específico, deve ser sempre considerada provisória, não podendo envolver compromisso com a verdade e muito menos com a certeza. Devemos estar sempre disponíveis para a sua crítica como ponto de partida para um maior conhecimento. Na verdade, as observações científicas são percepções que envolvem quase sempre alguma preparação prévia. Frequentemente, mesmo uma refinada e longa preparação. Elas não se realizam em função da atenção espontânea, muito pelo contrário, é de grande importância a definição prévia daquilo que se pretende observar. Ou seja: ver tem muito que se lhe diga. A ideia de um observador neutro, despido de preconceções é um mito. Observar implica sempre uma escolha. Importa, entretanto, acentuar que o investigador não estuda a realidade tal como ela se oferece a uma observação imediata e espontânea: a natureza sobre a qual ele opera é uma natureza pensada, remodelada, reconstruída, e simplificada-idealizada. Assim, o facto científico supõe sempre uma intenção, uma selecção criteriosa e fundamentada, uma escolha da forma como representar o próprio facto e, ainda, a recorrência a instrumentos (como prolongamento do teórico) que forneçam (quase sempre) medidas. O facto científico é, assim, dependente da elaboração teórica e tecnológica, integrantes de um real existente ou possível. A sua interpretação e as relações que sustenta com outros factos é considerada, necessariamente, dentro de um mesmo sistema coerente e congruente com a realidade que procura explicar.

Na perspectiva racionalista contemporânea põe-se, em causa, toda a observação neutra e espontânea. Considera-se indispensável um enquadramento teórico que oriente a observação. Não defende, contudo, o abandono da observação. Bem pelo contrário. Defende que ela não é nem neutra, nem objectiva (o que não quer dizer que não façamos o possível para que o seja), que deve ser cada vez mais preparada e mais orientada por doutrinas mais elaboradas. Não considera que os factos científicos sejam dados no sentido empirista da palavra, como oferta gratuita do real. Admite, pelo contrário, que eles são construídos, ou seja, que resultam de um longo percurso através da teoria. Só por si um

dado de observação não é entendido como um dado científico. Para que o seja, tem que ser uma construção da razão, inserido numa rede de razões, tem que ser visto com os olhos da mente (Santos e Praia, 1992).

A observação é assim entendida como um processo selectivo, estando a pertinência duma observação ligada ao contexto do próprio estudo, tornando-se necessário ter já alguma ideia à partida (expectativas) do que se espera observar. Nós vemos o mundo através das lentes teóricas constituídas a partir do conhecimento anterior. Como refere Jacob (1982) “para se obter uma observação com algum valor, é preciso ter, logo à partida, uma certa ideia do que há para observar (...). A investigação científica começa sempre pela invenção de um mundo possível”. É o conhecimento teórico que nos abre possibilidades de interpretação, que de outro modo seriam impossíveis. Pode mesmo observar-se um objecto ou fenómeno durante muito tempo sem que consigamos tirar algo de interesse científico para o que pretendemos investigar. Tais situações são muito frequentes quer na investigação quer no ensino.

É comum nas escolas ligar-se a descoberta científica a observações fortuitas, como que surgindo por mero acaso, situações que induz os alunos a pensarem-na como de simples *chance*. Ao invés, na perspectiva racionalista contemporânea a observação tem um carácter polémico, pois a importância atribuída aos factos depende de um enquadramento de razões. A observação não é uma actividade passiva, sustentando uma explicação mais profunda de um fenómeno já teoricamente enquadrado. Tenha-se em conta o que se passa na observação do infinitamente pequeno (física das partículas, vírus...) ou do infinitamente grande (observação astronómica através do telescópio Hubble).

Assim, interessa desenvolver estratégias de ensino apoiadas numa reflexão sobre o significado da observação, que a tendo em mente não deixe de a ter em conta na situação concreta da sala de aula. Ela deve, numa perspectiva em que o sujeito é o elemento central da aprendizagem, funcionar como um processo de questionar as *hipóteses* que os alunos sugerem. Importa, pois, reagir contra a redução da aprendizagem à designada aprendizagem por descoberta, entendida erradamente como descoberta sistemática de ideias, por conta própria, a partir de factos evidenciados por resultados experimentais ou observacionais que mostram o óbvio. A complexidade conceptual dos elementos observacionais depende dos próprios níveis de desenvolvimento dos alunos, pois o quadro teórico a mobilizar é de grau de complexidade variável. Importa, porém, chamar a atenção dos professores para que não se pode fazer rejeição da observação, ou mesmo a sua economia, quando se tratam assuntos de alguma

complexidade, já que é a partir desta que se está em condições de lutar contra muitas das ideias que os alunos já possuem. O que é mau é ficar nela!

Como implicação didáctica confere-se ao professor um papel de mediador entre os saberes dos alunos e o conhecimento reconhecido, saberes que de salto em salto qualitativo — em confronto com os conhecimentos dos outros alunos —, permite ajudar a construir um saber novo. Trata-se de mudança de conceitos, de competências e atitudes e não de simples aquisição de conceitos.

No processo de aprendizagem das ciências pelos alunos, é importante que a noção de natureza e o propósito da teoria e da sua construção estejam bem claros, sob pena de a aprendizagem se reduzir a pouco mais do que a simples memorização, sem falar da destruição daquele fermento que encaminha e aviva a atitude e o espírito científicos. É importante que a teoria seja apreendida como uma estrutura complexa, sendo o seu grau de sofisticação teórica determinado, sobretudo, pela dificuldade dos alunos poderem apreender, de imediato, a rede de explicação dos fenómenos. À medida que progride esse grau de apreensão as explicações podem tornar-se mais elaboradas. Fica claro, que não se deve dar grande ênfase a um ensino de saberes observacionais separados das construções teóricas, ou que a separação (muito frequente) entre processos e produtos em ciência é artificial. Se quisermos afastar, ultrapassar mesmo, quer o indutivismo quer o realismo ingénuo na escola, temos que consciencializar os alunos através de actividades adequadas que as observações desligadas da teoria não são uma base segura para afrontar, interrogar e analisar a realidade, não são um bom ponto de partida e não são independentes da teoria. Deve-se pretender, antes, que os alunos aprendam que a ciência é um luta constante e difícil na busca de mais verdade (não confundir com certezas) e os professores devem encorajar os alunos a ganharem confiança nas suas conjecturas racionais, para serem capazes de refutar, pôr em causa as hipóteses dos pares e, em última análise, sejam capazes de vivenciar de algum modo o sentido e o espírito da própria construção do conhecimento científico. Os alunos têm que ter consciência que não se chega às teorias de um momento para o outro, por um processo guiado e são, antes, um longo processo de construção. Não se trata de um processo de acumulação, mas de mudança, incluindo mudanças na forma de pensar. Por isso mesmo, o ensino das ciências deve procurar o consenso mas sem anular o debate; o ensino das ciências não pode ser transformado em nova ortodoxia, como frequentemente o é. Ou seja, devem-se explorar no ensino das ciências, criar espaços para a imaginação e criatividade dos alunos, no sentido de irem ao encontro do sentido de previsibilidade das teorias, promovendo dis-

cussões em que é posto à prova o próprio valor heurístico de teorias hoje não valorizadas na história da ciência, mas que foram importantes para o avanço do empreendimento científico. As teorias são, sobretudo, instrumentos para resolver problemas. Esta abordagem pode ser encarada como um desafio para alunos mais velhos e na procura de elementos que ajudem a encontrar o significado para dificuldades de aprendizagem e conceptuais anteriormente não detectadas. Trata-se de um nível avançado de exigência conceptual o que, amiúde, acontece no próprio trabalho científico, em que a reflexividade e a criatividade são (deviam ser) postas à prova.

Algo do que avançamos neste ponto pode constituir-se em possíveis respostas à questão colocada por Giordan (1985) quando pergunta como formar o espírito científico através de métodos dogmáticos, lineares, repetitivos ou imitativos, onde o aluno é um simples executante ou um simples espectador, para não dizer um simples crente? Como pretender formar o espírito científico quando nós, professores de ciências, estamos cheios de repetir o que aprendemos durante a nossa formação, sem nos colocarmos a nós próprios a questionar? Por outro lado, se os alunos não são detectives — tal aproximação cria a ideia de que há uma explicação à espera de ser descoberta — também não são promovidos, num ápice, a cientistas já que, quer os contextos, quer epistemológica, psicológica e sociologicamente as situações são muito diferentes; e, analogias e isomorfismos repetimos, nesta matéria e circunstâncias, se são atractivos, também nos atraíam. A produção científica tal como a conhecemos na comunidade científica, não é um objectivo da escola.

Se é verdade que não nos cabe, no quadro da educação em ciência — que é do eu aqui se trata — aprofundar os dois grandes ramos da “árvore epistemológica”, as epistemologias empiristas e racionalistas nos seus muitos e variadas matizes (clássicas e contemporâneas), não se pode deixar de focar alguns dos seus principais aspectos. Estamos conscientes que em educação em ciência a preocupação deve ir no sentido de situar diferentes matizes de cada uma das doutrinas, abarcando as suas variantes, tendência que aceitamos conscientes das suas limitações e mesmo dúvidas que suscita tal situação. Porém, importa fazer sobressair a bipolarização referida que sendo intencional, serve fins essencialmente didácticos num quadro gerador de discussão crítica e reflexão entre os professores.

Em termos de síntese, assinala-se no Quadro 1, as principais características de algumas dimensões enunciadas em relação aos dois paradigmas em confronto.

Quadro 1. Perspectivas Empirista e Racionalista (Contemporânea):
sua caracterização sumária

Dimensões Epistemológicas	Atributos de tendência Empirista	Atributos de tendência Racionalista (Contemporânea)
Construção do conhecimento científico	<ul style="list-style-type: none"> • Os discursos científicos aparecem como verdades absolutas e libertos de toda a contingência. • O conhecimento científico é dotado de exterioridade – descrição do mundo real. • O desenvolvimento da ciência dá-se por acumulação e justaposição de conhecimentos. • Não se faz questão das leis e das teorias senão no fim de uma pesquisa. São valorizadas experiências e observações como elementos independentes da directriz da teoria. • A evolução da ciência é acumulativa. • Não são tidas em conta as relações entre Ciência / Tecnologia / Sociedade ou estas são entendidas como separadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tem em conta as descontinuidades/ rupturas entre o tratamento científico dos problemas e o pensamento do senso comum. • Nasce da crítica e reformulação de hipóteses, partindo de situações não explicadas pela teoria. • Questiona a exigência única de princípios objectivos, lógicos, de rigor e universais para a construção do conhecimento científico, — que não é definitivo, nem absoluto; manifesta, porém, o seu carácter de corpo coerente de conhecimentos. • Evidencia os múltiplos factores contingentes: filosóficos, culturais, éticos, religiosos, políticos, económicos e tecnológicos que condicionam ou são constitutivos da actividade de pesquisa — construção social do conhecimento científico. • Reconhece que o consenso da comunidade científica tem um papel determinante na aceitação das teorias, enquanto conhecimento científico público. • Concebe-o como empreendimento humano e cultural que procura ser mais acessível aos cidadãos ajudando-os a uma maior consciencialização nas suas opções e tomadas de decisão.
Teoria em Ciência	<ul style="list-style-type: none"> • É induzida das observações, que ditam os factos. • Consta de verdades descobertas através de experiências rigorosas. • É, sistematicamente, posta à prova pela experiência-confirmação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Está omnipresente na pesquisa e autoriza as hipóteses, as observações e as experiências. • Tem um papel primordial na selecção e mesmo na avaliação dos dados. • Possui sentido preditivo; a partir das teorias são feitas deduções orientadas para prognosticar acontecimentos observáveis.

Dimensões Epistemológicas	Atributos de tendência Empirista	Atributos de tendência Racionalista (Contemporânea)
		<ul style="list-style-type: none"> • É vista como saber explicativo, dinamicamente construído e sujeito à crítica fundamentada, e, por esta razão, tende a ganhar carácter de paradigma.
Observação em Ciência	<ul style="list-style-type: none"> • É enunciado um conjunto de regras precisas de observação. • É objectiva e neutra; registo passivo de dados; factos destituídos da componente teórica. • Distinção clara entre observação e interpretação; sentido de imparcialidade. • As ideias resultam da interpretação de dados sensoriais. • É a observação de factos que confere significado às ideias e que conduz ao conhecimento objectivo da realidade. • São observações ocasionais que geram, muitas vezes, as descobertas em ciência. • A indução surge como o tipo de raciocínio geralmente utilizado. 	<ul style="list-style-type: none"> • É guiada por uma hipótese que não se submete apenas à confirmação positiva, mas deve funcionar, também, como tentativa de rectificação da(s) hipótese(s). • Uma das suas funções é conduzir à formulação de novas hipóteses. • Traduz-se por um diálogo complexo e permanente com a teoria, no que se influenciam e enriquecem mutuamente.

Implicações para a formação de professores

A formação de professores, que se vem realizando, pelo facto de pouco acentuar esta problemática epistemológica acaba por fragilizá-la, pô-la mesmo em questão. O que arrasta a impossibilidade de se atingirem muitas das finalidades prescritas nos currículos. Neste sentido, os professores bem (in)formados nesta área podem recuperar um mau currículo e professores com graves deficiências de formação podem *matar* um bom currículo. Desejável mesmo é que, de algum modo, o professor não assente o seu saber sobretudo na informação, mas que possa também desenvolver conhecimentos e saberes no modo como se investiga, como se faz ciência. O ter conhecido e, se possível, experimentado os lados privados da ciência ajudam à reflexão epistemológica e permitem uma agilidade e capacidade para transferir para a acção o que se pensa muitas vezes

(incorrectamente), que pode ser feito de forma directa — do saber teórico-informativo para o saber prático e reflectido.

É de acordo com este quadro de argumentos que a educação em ciência vem reconhecendo a partir dos anos 80 a necessidade de construir uma articulação fecunda e congruente entre a epistemologia e o ensino das ciências (Hodson, 1986; Cachapuz, 1992; Gil-Pérez, 1993; Matthews, 1994; Izquierdo, 1996; Duschl, 1997; Paixão e Cachapuz, 2000 e 2001, entre muitos outros). Tal articulação visa proporcionar aos professores uma compreensão bem mais alargada do que é o empreendimento científico. Segundo Duschl (1997) tal compreensão pode contribuir para desocultar o contexto de justificação (e de descoberta) inerentes à actividade científica e que são sistematicamente ignorados, já que quase só se trabalha num contexto de saber adquirido e aceite, ou seja, a ciência como uma mera retórica de conclusões. Por isso mesmo vale a pena começar por aí. Pelo primeiro — contexto de justificação — entende-se os processos inerentes à problematização, à verificação de hipóteses, na qual estão implicadas a reunião de provas e seus critérios de validade, aos processos de experimentação, No contexto de descoberta, não tratado por falta de espaço, estão presentes os processos de origem e evolução (contínua e descontínua) das ideias, o seu percurso e interpretação ao longo da história da ciência.

Não temos, pois, receio em afirmar que professores bem preparados nesta vertente estão em condições privilegiadas para promover estratégias de ensino e propôr actividades de aprendizagem, longe já de uma mudança conceptual redutora (Cachapuz, Praia e Jorge, 2000) mas, neste contexto, de verdadeiramente interessar os estudantes pela vivência de situações-problemáticas, capazes de suscitar uma autêntica compreensão dos múltiplos e complexos problemas que se colocam, hoje em dia, ao cidadão. Trata-se de gerar uma mudança de atitudes, de promover novos valores, de pensar e reflectir na e sobre a ciência a partir de novos quadros de referência. Trata-se, agora, de discutir situações dilemáticas e de incerteza — para uma consciência dos problemas que afectam a humanidade, para uma ética da responsabilidade. Também este conhecimento é indispensável para uma outra compreensão do conteúdo científico, abandonando o factual, o episódico e melhorando, assim, o entendimento da complexidade da construção do conhecimento científico. Por exemplo, a aprendizagem na sala de aula de controvérsias desenvolvidas ao longo da história da ciência e relativas (aqui unicamente) aos conceitos e às teorias, constituem um excelente exercício desta indissociável ligação objectivos-metodologias-produtos do saber (e que nem sempre decorrem em simultâneo). Os conteúdos científicos, a desenvolver pelos professores, no seu local privilegiado de

trabalho — a aula —, adquire dimensões que até aí estavam (ou pareciam estar) como que escondidas. Trata-se, pois, de os professores mudarem as suas próprias concepções e representações sobre a própria ciência, relativas à compreensão de problemas científicos mais vastos, que englobam questões como as políticas, sociais, culturais, religiosas e económicas e que enquadram, assim, as mudanças científicas e mesmo as rupturas paradigmáticas a elas inerentes (Cachapuz, Praia e Jorge, 2000).

A passagem para uma visão de ciência que consideramos mais congruente com teses e propostas epistemológicas contemporâneas, passa indubitavelmente por permitir aos professores de ciências outras oportunidades de formação, inicial e contínua. Tais oportunidades ainda são raras entre nós e com dificuldades de continuidade. Entretanto, registre-se a exigência de vários cursos desta índole noutros países tal como um curso, em treze sessões com três horas semanais, realizado por Aikenhead (1986), citado por Oliveira (1993), na Universidade de Saskatchewan, Canadá, com base na qual os alunos se preparam para discussões e debates nas aulas, centrados em temáticas de índole polémica e actuais. Ou ainda Matthews (1990) para assinalar o desenvolvimento de um curso de dois semestres, na Universidade de Nova Gales do Sul, Austrália, que se centra em torno de dois períodos da história da ciência, a Revolução Científica do século XVII e a Revolução Darwiniana do século XX, utilizando textos dessas épocas, lidos e interpretados à luz dos respectivos contextos históricos, filosóficos e sociais; utiliza também bibliografia contemporânea sobre aqueles períodos, bem como manuais de ensino, analisando criticamente o valor pedagógico das respectivas abordagens. Do mesmo modo são citados outros dois cursos, um desenvolvido por Summers (1982) e outro por Tamir (1978). Também Meichtry (2000) descreve as estratégias utilizadas e discute os resultados alcançados durante um curso de formação inicial de professores, nomeadamente em relação à natureza da ciência. Em todos eles estão presentes finalidades que se enquadram nos fundamentos teóricos enunciados e que desenvolvemos ao longo desta secção, cujas raízes se enquadram em correntes pós-positivistas. Por fim, assinalar que nesta área algo também tem sido feito entre nós — ainda que não estejamos satisfeitos — porém, muito ligado a contextos universitários (teses de mestrado e de doutoramento) ainda que com a participação colaborativa de colegas das escolas do ensino secundário. Importa, pois, divulgar tais estudos, assim como os seus resultados, através nomeadamente de monografias ao dispôr dos professores, quer da formação inicial quer contínua. A divulgação é uma das chaves da mudança que aqui preconizamos para a educação em ciência, já que tais trabalhos podem ajudar a contribuir para no-

vas práticas lectivas e, ainda, para novas atitudes face à investigação didáctico-educacional.

Referências bibliográficas neste capítulo 3

- AIKENHEAD, G. S. (1986). Preparing undergraduate science teachers in S/T/S/: a course in the Epistemology and Sociology of Science. Em James, R. (Ed.). *Science, Technology and Society resources for Science Educators*. Columbus, Ohio: Association for the Education of Teachers in Science.
- BACHELARD, G. (1981). *La Philosophie du Non*. 8. Ed., Paris: Presse Universitaire de France.
- BACHELARD, G. (1938). *La Formation de L'esprit scientifique*. Paris: Vrin.
- BUNGE, M. (1976). *La Investigación Científica*. Barcelona: Ariel.
- BUNGE, M. (1980). *Epistemología*. Barcelona: Ariel.
- BURBULES, N. C. e LINN, M. C. (1991). Science Education and Philosophy of Science: congruence or contradiction? *International Journal of Science Education*, 13 (3), 227-241.
- CACHAPUZ, A. F. (1992). Filosofia da Ciência e Ensino da Química: repensar o papel do trabalho experimental. Actas do Congreso *Las Didácticas Específicas en la Formación del Profesorado*, Tomo II, v. 1, 357-363. Santiago de Compostela.
- CACHAPUZ, A., PRAIA, J. e JORGE M. (2000). Reflexão em torno de perspectivas do ensino das ciências: contributos para uma nova orientação escolar — ensino por pesquisa. *Revista de Educação*, v. IX, nº 1, 69-79.
- CAMPOS, C. e CACHAPUZ, A. (1997). Imagens de Ciência em manuais de química portugueses, *Química Nova*, 6, 23-29.
- CARRILHO, M. M. (1994). *A Filosofia das Ciências*. (De Bacon a Feyerabend). 1. Ed., 11-52. Lisboa: Editorial Presença.
- CHALMERS, A. F. (1992). *La ciencia y como se elabora*. Madrid: Siglo XXI.
- CLEMINSON, A. (1990). Establishing an epistemological base for Science teaching in the light of contemporary notions of the nature of Science and of how children learn Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (5): 429-445.
- DUSCHL, R. A. (1997). Renovar la Enseñanza de las Ciencias. *Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea, S. A. de Ediciones.
- FERNÁNDEZ, I. (2000). Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: Una propuesta de transformación. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València.
- 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., FERNÁNDEZ, I., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, A. e PRAIA J. (2001). Por uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7 (2), 125-153.
- GIORDAN, A. (1985). *La Enseñanza de las Ciencias*. 2. Ed., Madrid: Siglo Veintiuno Editores.
- GONÇALVES, R. (1991). *Ciência, Pós-Ciência. Meta-Ciência. Tradição, Inovação e Renovação*. Lisboa: Discordia Editores.
- HODSON, D. (1986). The nature of scientific observation. *School Science Review*, 63 (223), 360-365.
- HODSON, D. (1988). Filosofía de la Ciencia y educación científica. Em Porlán, R., García, J. E. e Cañal, P. (Compilads.). *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*, 7-22. Sevilla: Diada Editoras.
- 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.
- IZQUIERDO, M. (2000). Fundamentos Epistemológicos. Em Perales, J. e Cañal, P. (Eds.). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 35-64. Alcoy: Editorial Marfil.
- JACOB, F. (1982). *O jogo dos possíveis. Ensaio sobre a diversidade do mundo vivo*. Lisboa: Gradiva.
- KUHN, TH. S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de cultura económica.
- LAKATOS, I. (1989). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Editorial.
- LAUDAN, L. (1984). *Science and values: the aims of science and their role in the scientific debate*. Berkeley: University of California Press.
- MATTHEWS, M. R. (1990). History, Philosophy and Science Teaching. What can be done in an undergraduate course? *Studies in Philosophy and Education*, 10 (1), 93-97.
- MATTHEWS, M.R. (1994). *Science Teaching. The role of History and Philosophy of Science*. London: Routledge.
- MEICHTRY, Y. (2000). The Nature of Science and Scientific Knowledge: implications for a preservice elementary methods course. *Science & Education*, 8, 273-286.
- MELLADO, V. (1997). Preservice teachers' classroom practice and their conceptions of the nature of science. *Science Education*, 6, 331-354.
- OLIVEIRA, V. (1993). Natureza da Ciência e formação inicial dos professores de Física e Química. *Revista de Educação*, 3 (1), 67-76.
- PAIXÃO, M. F. e CACHAPUZ, A. (2000). Mass Conservative in Chemical Reactions: the development of innovative teaching strategy based on the History and Philosophy of Science. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1, (2), 201-215.
- PAIXÃO, M. F. e CACHAPUZ, A. (2001). Formación epistemológica y cambio de imágenes de ciencia impartidas en el aula. *Revista de Educación en Ciencias/Journal of Science Education*, 2, (1), 33-38.

- POPPER, K. R. (1975). *Conhecimento objectivo. Uma abordagem evolucionária*. São Paulo: Editora Itatiaia (Tradução de Milton Amado).
- POPPER, K. R. (1983). *Conjeturas y Refutaciones: el desarrollo del conocimiento científico*. Barcelona: Paidós.
- POPPER, K. R. (1986). *Autobiografía intelectual. 2*. Ed. São Paulo: Editora Cultrix. (Tradução de Leonidas Hegenberg e de Octanny Silveira da Mota).
- PRAIA, J. e CACHAPUZ, A. (1994a). Para uma reflexão em torno das concepções epistemológicas dos professores de Ciências dos ensinos Básico (3º ciclo) e Secundário. *Revista Portuguesa de Educação*, 7 (1/2), 37-47. Braga: Universidade do Minho.
- PRAIA, J. e CACHAPUZ, A. (1994b). Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los Profesores Portugueses de la Enseñanza Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 350-354.
- PRAIA, J., CACHAPUZ, A., e GIL-PÉREZ, D. (2002). Problema, Teoria e Observação em Ciência: para uma reorientação epistemológica da Educação em Ciência. *Ciência & Educação*, 8 (1), 127-145.
- SANTOS, M. E. e PRAIA, J. (1992). Percurso de mudança na Didáctica das Ciências. Sua fundamentação epistemológica. Em Cachapuz, A. (Coord.). *Ensino das Ciências e Formação de Professores*, 1, 7-34.
- SUMMERS, M. K. (1982). Philosophy of Science in the Science Teacher Education curriculum. *European Journal of Science Education*, 4 (1), 19-27.
- TAMIR, P. (1978). *Teaching the Nature of Science*. Iowa City: Science Education Centre, University of Iowa.
- TOULMIN, S. (1977). *La comprensión humana. I: el uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza.

Capítulo 4*

A HIPÓTESE E A EXPERIÊNCIA CIENTÍFICA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA: CONTRIBUTOS PARA UMA REORIENTAÇÃO EPISTEMOLÓGICA

O presente artigo é uma tentativa de resposta às questões e às dificuldades encontradas nas práticas lectivas, devido a posições epistemológica marcadamente positivistas, no que diz respeito ao estatuto da hipótese e da experimentação.

A hipótese em ciência

Numa perspectiva de pendor empirista a hipótese tem um papel apagado e insere-se num processo de verificação em que o exame exaustivo dos factos é determinante para a sua elaboração. No entanto, na perspectiva racionalista contemporânea, que aqui interessa salientar, a hipótese intervem activamente, desempenhando um importante papel na construção do conhecimento científico.

* Este capítulo teve por base o seguinte trabalho: PRAIA, J., CACHAPUZ, A. e GIL-PÉREZ, D. (2002). A Hipótese e a Experiência Científica em Educação em Ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. *Ciência & Educação*, 8 (2), 253-262.

Ainda que nos interesse aqui discutir mais o contexto da prova e menos o da descoberta, ou o modo como são geradas, o que se pode avançar é que se trata de um processo complexo que pode ter origem na imaginação fértil, inspiradora, porventura em ideias especulativas, à qual subjaz um fundo reflexivo.

A Enciclopédia Einaudi (1992) diz-nos que “aquilo que hoje em dia, no discurso científico classificamos de hipótese apenas pode ser considerado como uma paragem provisória do pensamento, seja por *conjecturar um facto* descrito então de modo a ser susceptível de ser estabelecido ou refutado no quadro dos termos que o definem, seja por propor um conceito que justifique provisoriamente a sua coerência e eficácia no raciocínio explicativo dos fenómenos observados ou provocados”.

Entretanto, para nós, o que está em causa é, neste momento, a questão da prática científica e de que forma é que ela nos ajuda e dá ensinamentos para o ensino das ciências. Assim, a prática científica pode ser vista como um processo composto de três fases: a criação, validação e incorporação de conhecimentos, que correspondem à geração de hipóteses, aos testes a que a hipótese(s) é sujeita e ao processo social de aceitação e registo do conhecimento científico (Hodson, 1988). Contudo, parece importante fazer a distinção clara entre estas fases no trabalho científico em educação em ciência, pois pode ajudar os alunos a clarificar o propósito e o sentido da própria actividade reflexiva que estão a levar a cabo. Torna-se desejável que haja clarificação entre as duas situações — a criação da hipótese científica e a sua validação — para que possam compreender a complexidade daquela actividade, saber os caminhos que ela envolve e, neste caso, compreender a questão da validade dos testes de confirmação negativa ou de confirmação positiva a que a(s) hipótese(s) está(estão) sujeitas.

A hipótese tem um papel de articulação e de diálogo entre as teorias, as observações e as experimentações, servindo de guia à própria investigação. Condiciona fortemente os dados a obter num percurso descontínuo, ainda que balizado por um fundo teórico que lhe dá plausibilidade, intervindo activamente nas explicações posteriores dos resultados.

Uma vez formulada a hipótese torna-se necessário, em seguida, a sua confirmação. Duas vias são possíveis. A confirmação positiva e a negativa. No entanto, há que ter presente que o processo de confirmação positiva nada nos diz sobre a verdade da hipótese, já que esta pode ser falsa mas confirmada. Porém, uma sistemática e persistente confirmação positiva pode ajudar a tornar o trabalho científico mais apoiado e fazer progredir o programa de investigação a ele associado.

Numa perspectiva do tipo popperiana, como nos referem Maskill e Wallis (1982) tenta-se, através do método hipotético-dedutivo, “aproximar” a ciência dos cientistas da ciência praticada na sala de aula. Assim:

- a) o problema é percebido e compreendido como uma descontinuidade em relação a uma teoria explicativa,
- b) propõe-se, então, uma outra possível solução que é uma hipótese,
- c) e deduzem-se proposições testáveis a partir da hipótese enunciada,
- d) que, através de experiências e observações, cuidadosamente seguidas, conduzem a tentativas de falsificação,
- e) cuja escolha criteriosa se faz a partir da sua relação, em diálogo, com as teorias.

Trata-se de uma perspectiva que exige dos alunos grande capacidade criativa, assim como um bom fundo teórico e espírito crítico. Se é certo que o professor tem que providenciar essa excelente formação teórica, incitar a diferença e o pensamento divergente, para levar a descobrir o que não é esperado, não é menos certo que a exigência conceptual a par de processos científicos de elevada complexidade tornam as situações de aula algo difícil. Para se mobilizar tais competências, capacidades e atitudes com eficiência, torna-se necessário conhecer bem o contexto em que se opera e, neste sentido, o domínio dos conteúdos científicos, são um requisito fulcral para que tal possa acontecer. As pessoas pensam e lidam de forma mais eficiente nos e com os problemas cujo contexto e conteúdo conhecem melhor, lhes são particularmente familiares.

O conhecimento científico é um constante jogo de hipóteses e expectativas lógicas, um constante vaivém entre o que pode ser e o que “é”, uma permanente discussão e argumentação/contrargumentação entre a teoria e as observações e as experimentações realizadas. No âmbito desta perspectiva Bady (1979) realizou um estudo sobre a compreensão dos alunos acerca da “lógica da testagem de hipóteses”, em diversas escolas com alunos de diferentes anos de escolaridade. O autor verificou que poucos alunos pareceram entender a lógica dos testes da hipótese e que menos de metade dos alunos de escolas superiores conseguiram entender que as hipóteses podem ser testadas por tentativas de falsificação. Uma conclusão do estudo, talvez a mais importante, aponta para que “os alunos que acreditam que as hipóteses podem ser testadas e provadas por verificação, parecem ter uma visão simplista e ingenuamente absoluta da natureza das hipóteses científicas e da teoria. De facto, uma pessoa que não perceba que as hipóteses científicas não podem ser logicamente provadas, mas apenas desaprovadas, não percebe verdadeiramente a natureza da ciência”. A

irrefutabilidade deixa de ser um sinal, como tantas vezes é percebido pelos professores, de superioridade e, segundo esta perspectiva, reside aqui o carácter dinâmico, a possibilidade do conhecimento científico se desenvolver.

Um outro elemento que será necessário introduzir na discussão será o da luta “contra a desconfiança progressiva na capacidade intelectual do aluno. A assumpção de que a educabilidade da inteligência é possível abre amplas perspectivas à elaboração, intencional e sistemática, de estratégias metodológicas dirigidas ao desenvolvimento de competências do pensar” (Santos e Praia, 1992). Outra ideia que importa refere-se à necessidade de reagir contra a tendência para considerar o erro como evidente. Contudo, é necessário, neste contexto, considerá-lo como inevitável, discuti-lo, questionar as suas razões para que nos possamos aproximar da verdade possível, de momento. Este processo tem de ser partilhado pelos pares, não ignorando o papel do trabalho cooperativo e da “comunidade científica de alunos” que, em conjunto, procuram soluções para os problemas colocados e, mesmo, por eles equacionados.

Está em causa, pois, uma mudança no papel do aluno; este passa de receptor sobretudo de conteúdos científicos, a sujeito activo na construção do seu próprio saber — de conhecimento, quer conteúdal quer processual. Isto exige-lhe um esforço do ponto de vista conceptual, metodológico e atitudinal (Gil-Pérez, 1993) mais consentâneo com a preconizada metodologia científica actual, que só é superável num ambiente escolar em que o professor caminha, intencionalmente, a par das dificuldades do aluno. Porém, não tem de seguir uma estratégia idêntica relativa ao pensar sobre as respostas a dar aos problemas. Ele deve procurar, sim, incentivar os alunos a consciencializarem as suas dificuldades, a pensar sobre o porquê delas, estando atento aos obstáculos que se colocam à aprendizagem, ou seja, deve ajudá-los e dar-lhes confiança para que se possam exprimir num clima de liberdade, sem perda do rigor intelectual.

A experiência científica

Na prática científica moderna, é frequentemente suposto que os fenómenos naturais são regidos por leis universais. Porém, no mundo natural esses fenómenos justapõem-se de maneira complexa. Ora, isto é incompatível com a elucidação das leis como regularidades empíricas e, também, indica porque é que as descrições dos dados observáveis são, em geral, bastante inapropriadas para construir conhecimentos básicos, a partir dos quais se elabora o conhecimento científico. Assim, a ciência requer a obtenção de dados com significado,

sendo a intervenção experimental necessária como meio capaz de fazer ressaltar e trazer ao de cima, a informação epistemológica relevante e necessária (Chalmers, 1989).

De uma forma geral, os empiristas e os indutivistas, para quem todo o conhecimento vem da experiência, tentam reduzir a experimentação a uma manipulação de variáveis. O investigador faz, antes de tudo, um inventário empírico de parâmetros susceptíveis de ter influência no fenómeno estudado para, em seguida, os fazer variar e, eventualmente, depois dos resultados obtidos, estabelecer uma lei que lhes dê sentido e coerência.

Porém, se o investigador supõe, para alguns parâmetros, uma importância particular, é porque possui uma hipótese articulada com o fenómeno em estudo. O investigador nunca experimenta ao acaso, mas sempre guiado por uma hipótese “lógica” que submete à experimentação.

“A experimentação, como prova física, tende a ser conduzida para o mundo real ou para “mundos possíveis”, consoante a perspectiva é empirista ou racionalista.... Bachelard acentua, ironicamente, que enquanto o empirismo deduz leis de experiências, o racionalismo deduz experiências de leis” (Santos e Praia, 1992).

Para Popper, a experimentação científica não deve funcionar no sentido da confirmação positiva das hipóteses, mas no sentido da rectificação dos erros contidos nessas hipóteses. Em todo o caso, nesta perspectiva, a experimentação exige uma grande e cuidada preparação teórica e técnica, precedida e integrada num projecto que a orienta. Da reflexão dos resultados a que ela conduz pode, por sua vez, advir um outro saber a problematizar. “Já está ultrapassada a ideia da experiência como serva da teoria, sendo o seu propósito testar hipóteses... A experiência não é uma actividade monolítica, mas uma actividade que envolve muitas ideias, muitos tipos de compreensão, bem como muitas capacidades, tem vida própria” (Hacking, 1992).

Passamos a rever, com algum pormenor, as posições epistemológicas empirista e racionalista, para em seguida olhar melhor melhor as suas implicações no trabalho escolar:

Numa perspectiva empirista, a experiência científica surge-nos, quase sempre, como simples manipulação de variáveis, deduzindo leis (teorias) a partir dela própria ou da sua sistemática reprodução. Ela é determinante na obtenção de um conjunto de dados, que depois de interpretados levam a generalização (indução). Também a evidência factual, produzida pela experiência, é o primeiro meio de estabelecer a credibilidade de uma teoria. A experiência científica

fundamenta, pois, todo o conhecimento e só no final da(s) experiência(s) se faz questão, se toma em conta a(s) teoria(s). Ela como que está separada da própria teoria, para paradoxalmente a confirmar. A experiência científica valoriza, quase só a confirmação positiva do já previsto e obtido a partir dos dados observacionais, dados estes dotados de exterioridade. Os resultados da experiência surgem como esperados e mesmo óbvios.

É a experiência que põe à prova a teoria e não o inverso. Muitas vezes a constatação dos resultados experimentais levam a ignorar-se a hipótese que funciona como suposição transitória de valor epistemológico duvidoso, ou seja, a experiência é tida como algo separado da hipótese e não influencia os resultados daquela.

O que mais importa numa perspectiva empirista, olhada pelo lado didáctico, são os resultados finais independentemente dos processos da sua obtenção, ou seja, a experiência surge-nos não problemática, não relevando os aspectos mais complexos e difíceis da pesquisa, nem as condições teóricas e técnicas da sua produção. Também, muitas vezes, não se analisa e reflecte no significado da experiência e tão só no que é previsível que aconteça.

Numa perspectiva racionalista, enquanto programa de investigação progressivo, a experiência científica deve ser guiada por uma hipótese, que procura funcionar, sobretudo, como tentativa da sua rectificação e questionamento — ela interroga, problematiza —, conduzindo, muitas vezes, a outras hipóteses. Trata-se de um diálogo entre hipóteses/teorias e a própria experimentação, diálogo nem sempre simples, já que, também aqui, o confronto entre o teórico (o idealizado) e a prática (o realizado) se interligam. Reside aqui, pensamos, uma das riquezas heurísticas da experimentação. Se a hipótese intervém activamente nas explicações que os resultados da experiência sugerem, a teoria tem um papel primordial na avaliação dos resultados obtidos.

A experiência científica é orientada e mesmo valorizada pelo enquadramento teórico do sujeito, que em diálogo com ela, a questiona, a submete a um interrogatório, de respostas não definitivas. A experiência enquadra-se num método pouco estruturado, que comporta uma diversidade de caminhos, ajustando-se ao contexto e à própria situação investigativa. Os seus resultados são lidos como elementos (possíveis) de construção de modelos interpretativos do mundo e não cópias (e muito menos fiéis) do real.

Como que poderíamos afirmar que a experimentação científica encerra múltiplos factores não apenas tecnológicos, mas histórico-culturais, ético-morais, políticos, religiosos, ... que condicionam e, em muitos casos na actualidade,

(re)orientam e (re)centram a actividade de pesquisa, como construção e produção social do conhecimento científico, como empreendimento humano que toma opções e tomadas de posição não neutrais, mas carregadas de valores. A comunidade científica tem, também, um papel primordial que importa não esquecer. A experiência enquadra-se num processo não de saber-fazer, mas de reflexão sistemático, de criatividade e mesmo de invenção.

A transposição didáctica, realizada com cautelas para não cairmos em simplismos fáceis, deve traduzir-se em sugestões de propostas de actividades de ensino-aprendizagem, que valorizem o papel do aluno no sentido primeiro de o confrontar com as suas situações de erro para posteriormente as vir a rectificar. Do ponto de vista didáctico, ao sujeitarmos a experiência científica a uma tentativa de questionamento estamos a convidar os alunos a desenvolverem-se cognitivamente, num confronto de ideias com os seus pares, em que o resultado não só não está de antemão conseguido, como tem que ser sempre olhado à luz dos seus quadros interpretativos.¹

No sentido de assinalarmos incidências da reflexão epistemológica da ciência no trabalho experimental escolar, Cachapuz (1992) diz-nos que “uma sala de aula não é um laboratório de investigação, pelo que as estratégias a adoptar têm que ter legitimidade quer filosófica quer pedagógica. Há pois que harmonizar estas duas dimensões”.

Por outro lado, Hodson (1990) considera que o trabalho experimental tal como é conduzido em muitas escolas é de concepção pobre, confuso e não produtivo. Para ele, muitos professores acreditam que o trabalho experimental ensina os estudantes sobre o que é a ciência e a sua metodologia. Têm sido uns entusiastas ao acreditar que o caminho para aprender ciência, os seus métodos e processos é “descobrir aprendendo” ou “aprender fazendo”. Para aquele investigador em Educação em Ciência os professores usam o trabalho experimental sem uma adequada reflexão, ou seja, mantêm o mito de que ele é a solução para os problemas de aprendizagem em ambiente laboratorial. Esta visão distorcida baseia-se em pressupostos epistemológicos, psicológicos e didácticos que têm vindo a ser, progressivamente, postos em causa, ou seja, é uma visão que corresponde a um programa em regressão epistemológica.

1. Apesar da perspectiva epistemológica subjacente à questão da experimentação ser algo marcado por uma visão popperiana, entendemos que numa situação de testagem, em ambiente escolar, ela afigura-se-nos como uma alternativa útil aos professores. Tal não significa que os autores do artigo partilhem, de todo, a perspectiva popperiana — ver, nomeadamente, Gil-Pérez *et al.*, 2001.

Muitos dos objectivos que se estabelecem para o trabalho experimental escolar e que os professores quase sempre enunciam referem-se, entre outros, ao seu forte sentido motivador, bem como ao desenvolvimento de atitudes científicas tais como a objectividade, a ausência de juízos de valor, a abertura de espírito. O trabalho experimental é, pois, orientado para fomentar a aprendizagem de conceitos e métodos da ciência, que Hodson (1990) não só questiona, como volta a perguntar qual o significado do trabalho experimental, sobretudo no que respeita ao aprender ciências na sala de aula de acordo com as perspectivas epistemológicas actuais. O autor vai ao ponto de referir que “muito do que se faz está mal concebido e não apresenta qualquer valor educacional, urge redefinir e reorientar a noção que os professores têm sobre o trabalho prático”.

Numa perspectiva inadequada da experiência científica realizada na sala de aula, não se analisa e reflecte nos resultados, à luz do quadro teórico e das hipóteses enunciadas, mas apenas se constata o que era mais do que previsível que acontecesse — a experiência realizou-se para dar determinado resultado já esperado e conhecido de antemão. Na perspectiva que vimos falando, de forte pendor empirista, a experiência surge, quase sempre, como algo episódico, ligada a uma visão heróica do cientista; ignora, pois, os contextos sociais, tecnológicos e culturais da construção e produção científica, que o professor tem de conhecer e não se pode alhear, deixando à margem das suas aulas. Caso contrário, a experiência científica escolar toma o sentido do fazer, sem saber porquê e para quê. Estamos, neste caso, a considerar a ciência numa lógica que está fora da própria história do pensamento as ideias, desvalorizando o sentido da própria luta por ideias mais verdadeiras, isto é, mais explicativas para os fenómenos naturais (Praia, Cachapuz e Gil-Pérez, 2002).

Entretanto, Tamir (1977) distingue dois tipos de trabalho experimental: os de verificação e os de investigação. No primeiro caso é o professor que identifica o problema, que relaciona o trabalho com outros anteriores, que conduz as demonstrações (fora de um contexto de problematização) e dá instruções directas — tipo receita.

Quanto ao segundo tipo de trabalho experimental, tipo investigativo, deixam-se algumas notas sobre o sentido com que a experimentação deve ser encarada na sala de aula:

- i) deve ser um meio para explorar as ideias dos alunos e desenvolver a sua compreensão conceptual;
- ii) deve ser sustentado por uma base teórica prévia informadora e orientadora da análise dos resultados;

iii) deve ser delineada pelos alunos para possibilitar um maior controlo sobre a sua própria aprendizagem, sobre as suas dificuldades e de reflectir sobre o porquê delas, para as ultrapassar.

No seguimento desta orientação o trabalho experimental deve ser redefinido e ter em atenção novos objectivos do ensino das ciências. Neste sentido, Hodson (1992, 1993, 1994) descreveu como objectivos centrais:

1. *Aprendizagem das ciências*: como a aquisição e o desenvolvimento de conhecimentos teóricos (conteúdos das ciências).

2. *Aprendizagem sobre a natureza das ciências*: o desenvolvimento da natureza e dos métodos da ciência, tomando consciência das interacções complexas entre ciência e sociedade.

3. *A prática da ciência*: desenvolvimento dos conhecimentos técnicos, éticos, entre outros, sobre a investigação científica e a resolução de problemas.

Numa outra linha de pensamento, interessa sublinhar que em muitas situações de ensino o estudo de casos históricos, incluindo a eventual exploração de “experiências cruciais”, quando está em jogo o conceito de testagem, pode ser útil didacticamente. A experimentação, neste sentido, de forte pendor racionalista crítico de raiz popperiana, pode ser usada para uma possível escolha de teorias em competição. O desenvolvimento intergrupar e intragrupal, pode, no quadro de uma sempre prudente analogia com a comunidade científica, ajudar a simular aspectos sociológicos, particularmente interessantes. A crítica, a argumentação e o consenso dos pares constituem elementos de racionalidade científica que importa desenvolver conjuntamente — alunos e professores — partilhando e vivendo dificuldades inerentes à própria prática científica. Desta maneira, tal exercício escolar permite uma aprendizagem efectiva, significativa e com sentido de cidadania.

Importa sublinhar que uma ou duas experiências não dão resposta definitiva ao problema, nem abalam uma teoria que está a ser discutida. O confronto é mais vasto, tem incidências não só a nível lógico como também a nível sociológico. O que pode estar em causa é, sobretudo, a questão da hipótese que a experiência põe à prova: a confirmação positiva ou negativa. Em síntese: a relação entre a experimentação e a teoria é bem mais complexa do que muitos professores pensam e é, de certo, também por isso, que raramente ela é equacionada e pensada, desta forma, na sala de aula. Há que considerar outras possíveis alternativas mais enriquecedoras como sejam contra-exemplos, experiências intencionalmente orientadas para levar a resultados não esperados e referência a resultados que vêm da literatura.

Por outro lado, o problema da indução está presente em muitas das abordagens que os professores fazem, levando a generalizações fáceis e demasiado simplistas. No V epistemológico de Gowin, instrumento didáctico de grande utilidade, é quase sempre considerado apenas o lado esquerdo (conceptual), não estando presentes as suas relações com o lado direito (metodológico). Entretanto, fazem-se apressadas generalizações a partir de uma ou duas experiências, das comumente chamadas “experiências para ver”. Por outro lado, a repetibilidade não é, como muitos professores pensam, uma propriedade do conhecimento científico. Esta abordagem já não é hoje aceite, mesmo à luz de pressupostos epistemológicos de natureza e de sentido inequivocamente positivista.

O que nos parece de sublinhar é, pois, a necessária mudança de atitude dos professores, no sentido de ultrapassarem a aceitação fácil de um empirismo clássico e ingénuo, concebendo a ciência como uma simples descoberta, quer pela observação neutral, quer pela confirmação experimental escolar positiva. Importa que os professores compreendam e se consciencializem da importância do elemento cognitivo, da discussão argumentativa, que atribuam ao estudo e à reflexão um espaço indispensável para compreender as dificuldades e a complexidade que se reveste um tal processo de construção da ciência. Não se pode, entretanto, ignorar o papel do sujeito na construção do conhecimento, nomeadamente através do confronto com os conceitos e teorias aceites em ciência.

Conforme referem Gil-Pérez (1993) e Beviá (1994), torna-se necessário planificar a aprendizagem a partir do tratamento de situações problemáticas abertas, susceptíveis de interessar os alunos a desenvolver um plano experimental coerente, que não seja indicado pelo professor, mas proposto por um grupo de alunos. Essas actividades, como refere Beviá (1994), podem ser guiadas pelo docente, possibilitando aos alunos a percepção da variedade de processos implicados na actividade científica. Deste modo estará criado nos grupos de trabalho um clima propício para fazer emergir, entre outras, as interrogações, as dúvidas, as incoerências, as deficiências, a consciência das limitações teóricas, ... gerando vivências que permitam aos alunos reflectir, conjuntamente, sobre as características do trabalho científico.

Maria de Sousa (1992), investigadora em ciência, ao falar-nos das características do trabalho científico, em particular da experiência científica refere que ele se situa em “uma esfera muito alargada e dinâmica, mantida em movimento pela interacção contínua entre conjectura e refutação”. No seu artigo intitulado *Procedimentos experimentais: sobre cozinheiros-chefes e cientistas*, distingue três elementos principais: o consenso dos pares, o desafio dos dogmas e a combina-

ção única entre a arrogância e a humildade. Trata-se, assim, também de valores e atitudes inerentes ao processo científico escolar, a uma aprendizagem capaz de mudar as próprias representações de ciência.

A concluir,

Muito do que acabamos de referir traduz-se em dificuldades e factores, susceptíveis de determinar uma actuação cuidadosa do professor, exigindo-lhe uma aprofundada formação científica que não passa unicamente, longe disso, por possuir uns tantos conhecimentos adquiridos na formação inicial. A transposição didáctica, feita de reflexão e consubstanciada na própria acção didáctica, exige uma formação contínua que segue um percurso de desenvolvimento pessoal e profissional exigentes.

Uma chamada de atenção para tornar claro que o professor tem de ter cuidados muito particulares com o processo de aprendizagem e, em particular, com as actividades que promove. Estas devem desenvolver-se na “zona de desenvolvimento próximo”, o mesmo é dizer que tais tarefas devem ser um desafio, porém, com um grau de dificuldade susceptível de se constituírem em incentivo e não de fonte de desânimo, desmotivação e de impossibilidade de resolução.

Referir ainda que a simplicidade com que os problemas e os fenómenos são apresentados (atente-se ao nível etário) obrigam o professor a retomá-los mais adiante e, sempre que possível, a ligá-los a outros para os articular para que o currículo em espiral seja possível. A conceptualização, a que não é alheio o ritmo e o tempo de aprendizagem, é mais bem conseguida e a compreensão das ideias estruturantes torna-se o fio condutor das propostas de acção didáctica do professor. As experiências de aprendizagem que o professor promove são meios de devem ser consideradas como instrumentos para melhorar a explicação que se dá para os fenómenos e não podem ser consideradas como fins em si mesmas. Servem pelas interrogações que suscitam e pela busca de explicações mais verdadeiras, porque argumentativamente mais apoiadas.

Por fim, chama-se a atenção para a tentação de uma excessiva motivação para experimentar e que o professor, bem intencionadamente, introduz na aula de laboratório. A espectacularidade dos fenómenos, aliada à sua apresentação, nomeadamente, quer através de registos vídeo, quer outros, ainda que sejam factores positivos, podem não ajudar a potenciar a aprendizagem desejada. Pode mesmo invertê-la e torná-la sociologicamente perversa, ou seja, pode desvalorizar razões epistemológicas e didácticas que deviam ser orientadoras e determinantes da acção, em favor de razões de pedagogia geral, em particular motivacionais que fazem perder o sentido das primeiras.

Está, em causa, uma formação de professores que se quer “completa”, isto é, que articule epistemologia e didáctica e que releve conjuntamente teoria e prática, como uma unidade intrínseca. Só assim seremos capazes de gerar, tentativamente, materiais didácticos, enquanto recursos fundamentais para o exercício de práticas de sala de aula mais consentâneas com o que se preconiza numa perspectiva de ensino por pesquisa (Cachapuz, Praia e Jorge, 2001).

Trata-se, coerentemente, de usar a formação como um processo de pesquisa efectuando investigação com os professores, com vista a que tal produção de saberes seja reinvestida na inovação para que esta, persistentemente, se venha a transformar em mudança.

Referências bibliográficas neste capítulo 4

- BADY, R. J., 1979. Students' understanding of the logic of hypothesis testing. *Journal of Research Science Teaching*, 16 (1): 61-65.
- BEVIÁ, J. L. (1994). Los trabajos prácticos de Ciencias Naturales como actividad reflexiva, crítica y creativa. In: *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 2, 47-56.
- CACHAPUZ, A. F. (1992). Filosofia da Ciência e Ensino da Química: repensar o papel do trabalho experimental. Actas do Congreso *Las Didácticas Específicas en la Formación del Profesorado*. Tomo II, v. 1, 357-363, Santiago de Compostela.
- CACHAPUZ, A., PRAIA, J. e JORGE, M. (2001). Perspectivas de Ensino. Em *Formação de Professores de Ciências*, n. 1, Cachapuz, A. (Org.), Centro de Estudos de Educação em Ciência. Porto.
- CHALMERS, A. F. (1989). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo Veintiuno.
- ENCICLOPÉDIA EINAUDI (1992). *Método-Teoría*, v. 21. Imprensa Nacional, Lisboa: Casa da Moeda.
- 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., FERNÁNDEZ, I., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, A. e PRAIA J. (2001). Por uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7 (2), 125-153.
- HACKING, I. (1992). Refazer o mundo. Em *A Ciência como Cultura*, 103-118. Lisboa: Imprensa Nacional Casa da Moeda.
- HODSON, D. (1988). Filosofia de la Ciencia y educación científica. Em Porlán, R., García, J. E. e Cañal, P. (Compilads.). *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*. 7-22. Sevilla: Diada Editoras.
- HODSON, D. (1990). A critical look at practical work in school Science. *School Science Review*, 70 (256), 33-40.

- HODSON, D. (1992). Redefining and reorienting practical work in School Science. *School Science Review*, 73 (264), 65-78.
- HODSON, D. (1993). Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in School Science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142.
- HODSON, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 299-313.
- MASKILL, R. e WALLIS, K. G. (1982). Scientific thinking in the classroom. *School Science Review*, 63 (224), 551-554.
- PRAIA, J., CACHAPUZ, A. e GIL-PÉREZ, D. (2002). A Hipótese e a Experiência Científica em Educação em Ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. *Ciência & Educação*, 8 (2), 253-262.
- SANTOS, M. E. e PRAIA, J. (1992). Percurso de mudança na Didáctica das Ciências. Sua fundamentação epistemológica. Em Cachapuz, A. (Coord.). *Ensino das Ciências e Formação de Professores*, 1, 7-34.
- SOUSA, M. (1992). Procedimentos experimentais: sobre cozinheiros-chefes e cientistas. Em *Ciência como Cultura*. GIL, F. (Org.). A. 91-102. Lisboa: Imprensa Nacional Casa da Moeda. (Estudos Gerais, Série Universitária).
- TAMIR, P. (1977). How are the laboratories used? *Journal of Research in Science Teaching*, 14 (4), 311-316.



TERCEIRA PARTE

DEFESA E EXEMPLIFICAÇÃO DO MODELO DE APRENDIZAGEM COMO INVESTIGAÇÃO

Esta terceira parte está destinada, em primeiro lugar, a responder a algumas críticas dirigidas ao modelo construtivista de aprendizagem das ciências como investigação orientada, esboçado no capítulo 2. Esta defesa completa-se com a inclusão de dois *programas de actividades* destinados a ilustrar como concebemos as propostas construtivistas, tanto para a aprendizagem dos estudantes, como para a formação dos próprios docentes. Estes são, pois, os três capítulos incluídos:

CAPÍTULO 5. *Defesa do construtivismo: Que entendemos por posições construtivistas na educação em ciência?*

CAPÍTULO 6. *A introdução dos conceitos de trabalho e energia: Exemplo de programa de actividades para orientar o trabalho dos estudantes*

CAPÍTULO 7. *A atenção à situação de emergência planetária: Um programa de actividades dirigido aos docentes*



Capítulo 5*

DEFESA DO CONSTRUTIVISMO: QUE ENTENDEMOS POR POSIÇÕES CONSTRUTIVISTAS NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA?

Introdução

No início da década de 80, a Educação em Ciência ainda era considerada como um domínio pré-paradigmático (Klopfer, 1983), enquanto que uma década mais tarde Hodson (1992) afirmou que já era possível integrar coerentemente diferentes aspectos do processo ensino/aprendizagem. Após um desenvolvimento impressionante ao longo das últimas duas décadas, tudo parecia apontar para a constituição da Educação em Ciência como um novo campo de investigação e conhecimento (Gil-Pérez, Carrascosa e Martínez Terrades, 2000; Jenkins, 2001). Estamos a falar de um desenvolvimento que, como em qualquer outra área científica, não teve um carácter linear e através do qual surgiram e continuam a surgir frutíferas controvérsias e reorientações mais ou menos profundas. Mas este desenvolvimento tem demonstrado convergências e progressos reais, apesar de diferenças terminológicas e pontuais, na orientação do processo de ensino/aprendizagem das ciências. Esta convergência é suportada por

* Este capítulo teve por base o seguinte trabalho: GIL-PÉREZ, D., GUIASOLA, J., MORENO, A., CACHAPUZ, A., PESSOA, A., MARTÍNEZ, J., SALINAS, J., VALDÉS, P., GONZÁLEZ, E., GENÉ, A., DUMAS, A., TRICÁRICO, H. e GALLEGU, R. (2002). Defending constructivism in science education, *Science & Education*, 11, 557-571.

uma grande quantidade de investigação e inovação que pode ser consultada num alargado número de revistas, tendo já possibilitado a publicação de dois *Handbooks* (Gabel, 1994; Fraser e Tobin, 1998).

Esta emergência da Educação em Ciência como um novo domínio científico está normalmente associada ao estabelecimento do que Novak (1988) designou *consenso emergente* acerca das posições construtivistas, consideradas por Gruender e Tobin (1991) como a mais importante contribuição nas últimas décadas na Educação em Ciência, contribuição essa que o *American Association for the Advancement of Science* tem vindo a descrever como uma *mudança paradigmática* real (Tobin 1993, citado por Jenkins, 2000).

Contudo, alguns autores têm começado a questionar as posições construtivistas em Educação em Ciência, por exemplo, “*Constructivism Deconstructed*” (Suchting, 1992), ou então “*Rise and Fall of Constructivism*” (Solomon, 1994). Estes diferentes posicionamentos levaram Jenkins (2000) a perguntar: ‘Constructivism in School Science Education: Powerful Model or the most Dangerous Intellectual Tendency?’.

Poderia então pensar-se que o ‘consenso construtivista’ não passou de uma nova moda, de um *slogan* falhado que, mais uma vez, nos devolveria, pese a sua provada ineficácia, o inamovível modelo de ensino/aprendizagem das ciências por transmissão/recepção de conhecimentos já elaborados.

O objectivo deste trabalho é analisar algumas das críticas que têm surgido e estudar as suas implicações para o desenvolvimento da Educação em Ciência como um corpo coerente de conhecimentos (Gil-Pérez et al., 2002).

De que construtivismo é que estamos a falar?

No Editorial da monografia da *Science & Education*, Matthews (2000) lembra-nos que “*constructivism means different things to different researchers*” e dedica todo um parágrafo para descrever *variedades de construtivismo*. Esta ambiguidade é vista, logicamente, como um dos maiores inconvenientes da ideia de “*consenso construtivista*”. Contudo, também tem que ser tomado em consideração, na nossa opinião, quando se tenta “to deconstruct constructivism” (Suchting, 1992) ou quando é anunciado o “fall of constructivism” (Solomon, 1994). Por outras palavras, todos nós necessitamos de ser mais precisos neste debate, porque existe um efectivo perigo de se estar a falar de coisas diferentes.

Vamos considerar, em primeiro lugar, o criticismo de Suchting. No artigo “*constructivism deconstructed*”, Suchting (1992) começa por dizer que o constru-

tivismo é ‘a doctrine which has for some time been very influential in thinking about education (...) associated especially with the name of its originator and principal exponent, Ernst von Glasersfeld’.

Sem discutir o incontestável interesse das críticas filosóficas que Suchting fez a von Glasersfeld, desejamos acrescentar que esta discussão tem pouco a ver com as propostas construtivistas na área da Educação em Ciência. De facto, o artigo de Suchting não contém referências a investigações nesta área, as quais ele parece desconhecer por completo, ao ponto de considerar von Glasersfeld, como o *seu fundador*, cujo nome só começou a ser mencionado no final dos anos 80. Temos que insistir na escassa influência que von Glasersfeld teve na emergência do *consenso construtivista* na Educação em Ciência. Efectivamente, a primeira referência de von Glasersfeld em revistas como o *Science Education*, *Journal of Research in Science Teaching*, *Studies in Science Education* ou *International Journal of Science Education* aparece em 1988 (Tobin et al., 1988). Elas foram pouco frequentes durante toda a década (três referências no *Journal of Research in Science Teaching*, duas em *Science Education*, duas no *International Journal of Science Education* e nenhuma em *Studies in Science Education*). Por outro lado, cinco das sete referências foram citadas pelo mesmo autor, Kenneth Tobin. A mesma apreciação da escassa influência de von Glasersfeld na Educação em Ciência pode ser vista quando consideramos as referências incluídas em dois *Handbooks* publicados: no editado por Gabel (1994) encontramos apenas 8 referências, 4 delas oriundas do mesmo autor (Kenneth Tobin) e as outras 4 correspondem a pormenores específicos. Mesmo no mais recente *Handbook* (Fraser e Tobin, 1998), voltamos a encontrar 8 referências.

Falar de von Glasersfeld como “*o fundador*” é um primeiro e grave defeito de algumas críticas correntes: elas têm pouco que ver com as propostas construtivistas na Educação em Ciência.

Podemos então concluir que a discussão que nos colocou perante Suchting e outros autores (Nola, 1997; Hardy e Taylor, 1997) *não é o nosso debate*. Não queremos dizer com isto, que não existe interesse em estudar o trabalho de von Glasersfeld e as suas possíveis contribuições para as controvérsias acerca das propostas construtivistas na área da Educação em Ciência, mas não podemos aceitar uma discussão assumindo, como Suchting parece fazer, que estamos a falar de construtivismo na *generalidade*, e que estamos a aplicar às teses de von Glasersfeld. O *consenso construtivista* na Educação em Ciência tem a sua origem em muitas investigações específicas relativas a diferentes aspectos do processo de ensino/aprendizagem das ciências, tais como a aprendizagem dos conceitos, a resolução de problemas, o trabalho experimental ou as atitudes em rela-

ção e para com a Ciência, Essas investigações têm sido desenvolvidas com vista a melhorar os fracos resultados do paradigma de Aprendizagem por Recepção/Transmissão, seriamente questionado pela investigação, como evidenciam, por exemplo, os estudos sobre *misconceptions* e *alternative frameworks* (Viennot, 1976; Driver e Easley, 1978; Pfundt e Duit, 1998). Tais investigações têm contribuído e continuam a contribuir para construir um corpo coerente de conhecimento, que apoia a necessidade de implicar os alunos na (re)construção do conhecimento científico, com o intuito de tornar possível uma aprendizagem significativa e duradoura (National Research Council, 1996). Esta é a razão pela qual falamos de construção do conhecimento e do construtivismo. Assim, temos que deixar bem claro que consideramos que o construtivismo em Educação em Ciência tem pouca relação com o construtivismo filosófico.

A crítica de Solomon (1994) tem, certamente, um carácter diferente: ela admite que as posições construtivistas em Educação em Ciência têm a sua origem em investigações sobre problemas relacionados com o processo de ensino/aprendizagem em ciências. De facto, Solomon associa a emergência desta tendência à publicação do artigo de Driver e Easley (1978) “Pupils & paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students”. Contudo, Solomon, afirma posteriormente que no início dos anos 80, ‘it was found that what we can call ‘the book of the theory’ had been written nearly thirty years earlier by George Kelly (...) a psychologist who studied patients locked away in the solitary world of the schizophrenic’.

É de notar que Solomon não diz que o trabalho de Kelly *apóia* as novas ideias, mas antes *constitui* a sua base teórica. Acreditamos que isto é um erro sério e bastante comum, já que nega a possibilidade da investigação em Educação em Ciência estruturar um corpo específico de conhecimentos e reduz as suas bases teóricas para a simples *aplicação* de um conhecimento externo (obtido numa situação bastante diferente: analisando ‘patients locked away in the solitary world of the schizophrenic’).

Importa clarificar que quando defendemos a existência da Educação em Ciência como uma área específica do conhecimento, não nos propomos ignorar os contributos de outras áreas do conhecimento como a Filosofia da Educação ou a História da Ciência. Bem pelo contrário, é a existência de um corpo de conhecimento específico que torna possível a integração de tais contribuições, sem tornar inefectivas as aplicações directas (Gil-Pérez, 1993).

Em nossa opinião, algumas das ideias de Kelly (Kelly, 1955; Pope e Gilbert, 1983) podem tornar-se inspiradoras e *ajudar* na construção do novo corpo de conhecimento em torno dos problemas do ensino/aprendizagem das ciências.

Porém, as suas reflexões não estavam centradas no campo do ensino das ciências e não faz qualquer sentido propor a sua simples aplicação a este campo. Contudo, as críticas de Solomon às propostas construtivistas centram-se em contribuições desenvolvidas por Kelly e outros autores, nomeadamente von Glasersfeld, igualmente *externos* ao campo da Educação em Ciência/Didáctica das Ciências. Em particular, Solomon preocupa-se em mostrar as limitações da metáfora de Kelly ‘every man his own scientist’, tomando como pressuposto que o construtivismo “se baseava, em essência, na noção do *estudante como cientista*”. Solomon admite, também como corolário lógico, que tal supõe deixar de lado a aquisição de corpos de conhecimentos: ‘Constructivism, in the sense that is used within science education and in this article, has always skirted round the actual learning of an established body of knowledge’.

Mas a ideia do estudante como cientista é uma metáfora que tem sido também criticada pelos investigadores em Educação em Ciência, porque não expressa correctamente o que a investigação tem comprovado acerca do processo de ensino/aprendizagem das ciências (Gil-Pérez e Carrascosa, 1994): actualmente, é difícil não estar de acordo que os alunos por si só, não podem construir *todos* os conhecimentos científicos. Mas nós não pensamos os alunos como cientistas em acção e que trabalham em domínios fronteiriços: esta metáfora, usada por muitos autores tem, obviamente muitas limitações (Burbules e Linn, 1991) e não consegue dar uma visão clara de como é que os alunos organizam o trabalho. A metáfora que contempla os alunos como *investigadores principiantes* (*novice researchers*) parece traduzir melhor a situação de aprendizagem. Com efeito, qualquer investigador sabe que quando alguém se junta a uma equipa de investigação, ele ou ela consegue alcançar com relativa rapidez o nível médio do resto da equipa. E isso não acontece por transmissão verbal, mas através do tratamento de problemas, em particular em áreas em que os colegas são especialistas.

A situação muda, é claro, quando os problemas são novos para todos os membros da equipa. Neste caso, o progresso — se é que existe algum — torna-se lento e sinuoso. A proposta de organizar a aprendizagem dos alunos como uma construção de conhecimentos corresponde a primeira das situações, quer dizer, a uma *investigação orientada*, em áreas perfeitamente conhecidas pelo director de investigação, aqui o professor, e onde os resultados parciais e embrionários obtidos pelos alunos podem ser reforçados, completados ou mesmo até questionados pelos obtidos pela “comunidade científica”.

Assim, o que é conhecido como uma aproximação construtivista à aprendizagem das ciências responde às características de uma investigação orienta-

da, em que os resultados obtidos por diferentes equipas são constantemente comparados e onde as equipas contam com o *feedback* e ajuda dos especialistas. Em suma: entre a metáfora que apresenta os alunos como simples receptores e a que os vê como *investigadores autónomos* (Pope e Gilbert, 1983; Solomon, 1994) ou *cientistas em acção* (Burbules e Linn, 1991), nós propomos a metáfora de *novice researchers*, que tem em conta as limitações apontadas por Burbules e Linn da ideia do *practising scientist*, e que integra coerentemente as contribuições de Vigotsky acerca da “zona de desenvolvimento próximo” e o papel dos adultos na Educação (Howe, 1996). O que nós chamamos uma aproximação *construtivista* na Educação em Ciência é uma proposta que contempla a participação activa dos estudantes na construção do conhecimento e não a simples reconstrução pessoal do conhecimento previamente adquirido, através do professor ou do livro escolar. Como refere Hodson (1992), ‘Students develop their conceptual understanding and learn more about scientific inquiry, by engaging in scientific inquiry, provided that there is sufficient opportunity for and support of reflection’.

Isto sintetiza o resultado de muitas pesquisas sobre a aprendizagem das ciências que estão reflectidas em dois Handbooks (Gabel, 1994; Fraser e Tobin, 1998): a orientação construtivista na Educação em Ciência não deve ser considerada, insistimos, como uma simples *aplicação* de von Glasersfeld, Kelly ou outras quaisquer doutrinas filosóficas ou psicológicas. Pelo contrário, tal ligue-se com aquilo que um de nós escreveu já em 1978, quando ainda não conhecíamos sequer o termo construtivismo: “se trata, en la medida de lo posible, de colocar a los alumnos en situación de *producir conocimientos*, de explorar alternativas, *superando la mera asimilación de conocimientos ya elaborados*” (Furió e Gil-Pérez, 1978). Mesmo tendo falado de “produção” e não de “construção” do conhecimento, um texto como o precedente é muito mais aproximado às recentes propostas construtivistas no ensino das ciências do que as contribuições de Kelly ou von Glasersfeld (apesar da coincidência no uso de expressões, como a *construction of knowledge*). E o mesmo cabe dizer, por exemplo, para o *generative learning of knowledge* (Osborne e Wittrok, 1985).

Por isso, consideramos que a argumentação de Solomon contra a aproximação construtivista em Educação em Ciência possui algumas sérias limitações porque dirige as suas críticas a contribuições realizadas em *outros domínios*, estendendo-as à Educação em Ciência. Além disso, Solomon ignora muitas investigações que estão relacionadas com aquisições de corpos de conhecimentos reconhecidos, como, por exemplo Viennot (1989, 1996) ou McDermott et al. (1996). Toda esta investigação e inovação que têm sido publicadas em

jornais internacionais, livros colectivos (Tiberghien, Jossem e Barojas, 1998) e em Handbooks (Gabel, 1994; Fraser e Tobin, 1998), permitem-nos falar de um *consenso emergente* na Educação em Ciência.

Contudo, a discussão que o tipo de artigos que aqui vimos referindo gera é de grande interesse, já que se articula com as reticências que muitos professores de ciências têm acerca das propostas construtivistas, incorrectamente interpretadas como uma aceitação da metáfora de “alunos como cientistas”.

Artigos como os de Solomon apresentam os riscos de uma fundamentação teórica de Educação em Ciência que se reduz a uma simples descrição de um corpo de conhecimentos externos. É necessário construir um corpo de conhecimentos próprio em torno dos problemas *específicos* do ensino/aprendizagem das Ciências. Não queremos dizer com isto, continuamos a insistir, que ignoramos as contribuições dos outros domínios que podem, como é obvio, inspirar, questionar, etc., o trabalho levado a cabo no âmbito da Educação em Ciência, mas não podemos limitarmos à sua simples aplicação.

Neste mesmo sentido, podemos razoavelmente supor que as contribuições dadas por cientistas acerca dos problemas colocados pelo processo ensino/aprendizagem, mesmo sendo específicos, não podem ser (radicalmente) contraditórias com os resultados da Psicologia Educacional, da Epistemologia Genética ou ainda das Neurociências. Podemos mencionar, nesse mesmo sentido, que os avanços das Neurociências parecem apoiar, também, de acordo com alguns autores (Anderson, 1997; Roth, 1998) as orientações construtivistas, ao mesmo tempo que mostram as limitações dos *modelos* de transmissão e processamento da informação.

Por outro lado, esta discussão em torno do que se entende por uma aproximação construtivista em Educação em Ciência, poder-nos-à ajudar a clarificar o que é a orientação epistemológica desta aproximação, evitando a apropriação incorrecta de propostas radicais do construtivismo de von Glasersfeld. Em particular, deve-se dar uma especial atenção à Filosofia da Ciência e à História da Ciência que mostram e nos ajudam a clarificar a forma como o conhecimento científico é construído. De facto, uma poderosa linha de investigação acerca das concepções espontâneas do ensino das ciências (Bell e Pearson, 1992; Désauteles et al., 1993; Guilbert e Meloche, 1993) tem evidenciado que a compreensão e a reflexão dos professores acerca de como é que o conhecimento científico é construído, aparece como uma condição *sine qua non* — ainda que não suficiente (Hodson, 1993) — para um ensino das ciências efectivamente mais eficiente.

Qual é a orientação epistemológica para uma aproximação ao construtivismo em educação em ciência?

Tal como Bell e Pearson (1992) apontaram, não é possível mudar o que normalmente os professores fazem na sala de aula (a simples transmissão de saberes já elaborados) sem transformar a sua epistemologia, as suas concepções acerca de como o conhecimento científico é construído, ou seja, as suas ideias sobre a Ciência. Efectivamente, a epistemologia espontânea dos professores inclui muitas distorções e reduções adquiridas acriticamente pela impregnação social, o que impede uma orientação correcta do ensino das Ciências (Gil-Pérez, 1993; Hodson, 1993; Meichtry, 1993; Guilbert e Meloche, 1993; McComas, 1998). Não é uma questão, acreditamos nós, de chamar a atenção dos professores de Ciências — nem mesmo dos investigadores em Educação em Ciência — das leves distinções e sutilezas epistemológicas dos vários autores. Apesar das suas diferenças existe uma base comum, em autores tais como Popper, Bachelard, Kuhn, Toulmin, Lakatos, Feyerabend, Laudan, Giere Concebem a natureza da Ciência, e é esta base comum, na nossa opinião, que tem que ser realçada com vista a facilitar um melhor entendimento da construção do conhecimento científico.

Esta base comum pode ser expressa por uma rejeição de um conjunto de distorções relativas à natureza da Ciência. Não é só uma questão de denunciar, uma vez mais, o que já é bem conhecido, o indutivismo extremo de muitas concepções de professores de ciências. Temos que prestar mais atenção a um conjunto de distorções interligadas que se apoiam umas com as outras (Nersessian, 1995; Gil-Pérez, 1996; McComas, 1998) que, entretanto, apresentamos detalhadamente no capítulo 1 para o qual vos remetemos.

Esta epistemologia espontânea constitui um sério obstáculo à reforma do ensino das ciências, na medida que é acriticamente aceite como “evidente”. Contudo, como havemos mostrado no capítulo 1, não resulta difícil gerar atitudes críticas a essas visões do senso comum se se dá oportunidade aos professores para discutir possíveis distorções sobre a natureza da Ciência, transmitidas através do ensino; o perigo real consiste na falta de atenção sobre o que é adquirido por impregnação, sem uma reflexão crítica e consciente. Esta reflexão é absolutamente necessária para afastar tendências simplistas em aceitar *o que sempre tem sido feito* ou, então, buscar novas receitas mais eficientes. Tal liga-se a um outro tipo de crítica às propostas construtivistas em Educação em Ciência.

As propostas construtivistas não são uma *receita*

Passamos agora a referir algumas interpretações excessivamente simplistas e estereotipadas de propostas que são apresentadas, por vezes, como sendo a *quinta-essência* das orientações construtivistas na Educação em Ciência. Desta forma, Carretero e Limón (1996) assinalaram ‘dichas propuestas suelen apoyarse en la convicción, más bien estólida, de que la aplicación de fórmulas del tipo “*tomemos los conocimientos previos del alumno, planteémosle conflictos cognitivos y modifiquémoslos*” solucionará fácilmente muchos problemas educativos’. No mesmo sentido, Duit (1996) aponta para o facto de ‘for some science educators, constructivism has become a new ideology able to solve any teaching/learning problem of sciences’. No entanto, acrescenta ‘Undoubtedly, it has also become a very worthy orientation for science education, both for teaching and for research in this field’.

De facto, as críticas destas visões simplistas não podem ser consideradas como um questionar as posições construtivistas no quadro actual da Educação em Ciência. Não nos podemos esquecer que estas propostas de orientação, que hoje nos aparecem como fórmulas simplistas, não foram apresentadas pelos seus autores de forma esquemática (Posner et al., 1982), tendo conseguido mesmo, avanços importantes sobre outros “modelos” porventura, esses sim mais simplistas. Conseguimo-nos lembrar, por exemplo, do modelo de transmissão/recepção (‘let’s explain concepts clearly and students will learn’) ou outras propostas ingénuas da *aprendizagem por descoberta* que partem da realização pelos alunos de experimentações autónomas. Essas propostas — que alguns associam erradamente a Piaget, apesar do facto deste autor as rejeitar fortemente ‘o mito da origem indutiva do conhecimento científico’ (Piaget, 1971) — foram criticadas de forma incisiva, e segundo nós justamente, por muitos autores (Ausubel, 1978; Giordan, 1978).

As propostas iniciais de mudança conceptual consideravam, pelo menos, aspectos básicos da aprendizagem, tal como ‘all learning depends on prior knowledge’ ou ‘learners construct understanding. They do not simply mirror what they are told or what they read’ (Resnick, 1983). A grande eficiência destas estratégias, no que diz respeito à simples transmissão de conhecimentos adquiridos, tem sido apoiada por muita da investigação levada a cabo em diferentes campos científicos (Joung, 1993; Wandersee, Mintzes e Novak, 1994). Mas rapidamente se compreendeu que certas “concepções alternativas” eram resistentes ao ensino, mesmo quando este era explicitamente orientado para produzir mudança conceptual (Fredette e Lochhead, 1981; Engel e Driver, 1986; Shuell,

1987; Hewson e Thorley, 1989). Por outras palavras: tem-se tornado evidente que o *progreso* necessário e inadiável trazido pelas estratégias de mudança conceptual mostrou ser ainda *insuficiente* (Gil-Pérez e Carrascosa, 1985; Duschl e Gitomer, 1991).

Por esta razão surgiu a consciência de que era necessário, além de outras coisas, considerar *as formas de razoar dos estudantes*, vencendo o reducionismo conceptual (Gil-Pérez e Carrascosa, 1985 e 1994; Hashweh, 1986; Cleminson, 1991; Duschl e Gitomer, 1991; Salinas Cudmani e Pesa, 1996; Viennot, 1996; Furió et al., 2000), enriquecendo assim as propostas iniciais de mudança conceptual.

Existe um outro aspecto acerca das estratégias de mudança conceptual que necessita, na nossa opinião, de um reexame (Gil-Pérez e Carrascosa, 1994): qual é o sentido que tem em provocar nos alunos a consciencialização das suas ideias iniciais para depois imediatamente pô-las em conflito? Na nossa opinião, a confrontação sistemática das ideias dos alunos com conceitos científicos poderá mesmo produzir inibições por parte deles próprios. Efectivamente, é fácil de compreender que uma pesquisa não é feita para questionar ideias ou para produzir mudanças conceptuais, mas para o tratamento de problemas que interessam aos investigadores; problemas que são tratados, logicamente, com o conhecimento adquirido e com as ideias novas construídas a partir de caminhos tentativos. Durante este processo, as concepções iniciais poderão sofrer algumas alterações ou mesmo podem ser radicalmente questionadas, mas tal não será o objectivo para solução dos problemas encontrados (Cachapuz, Praia e Jorge, 2000).

Por outro lado, uma característica fundamental do tratamento científico dos problemas é tomar as ideias que se têm — inclusivé as mais seguras e óbvias — como simples hipóteses de trabalho que é necessário controlar, esforçando-nos por imaginar outras hipóteses, etc. Tal concede um *status* muito diferente às situações de conflito cognitivo: já não supõem para os estudantes um questionar externo das ideias pessoais, nem a reiterada aceitação das insuficiências do próprio pensamento (com as consequentes implicações afectivas), sem um trabalho de aprofundamento em que umas ideias (tomadas como hipóteses) são substituídas por outras (tão pessoais como as anteriores).

Não se trata, como pode ver-se, de eliminar os conflitos cognitivos, mas sim de evitar que adquiram um carácter de uma confrontação entre as ideias próprias (incorrectas) e os conhecimentos científicos (externos). A este respeito Solomon (1991) argumenta que “tras impulsar la expresión de un conjunto de opiniones particulares, el profesor no puede simplemente rechazar las que no

se ajustan a la teoría vigente. De ese modo dejaría de ser posible un diálogo abierto”.

Por todas estas razões, a estratégia de ensino que nos parece mais consistente com as características do pensamento científico, é que coloca a aprendizagem como um *tratamiento de situaciones problemáticas abiertas que los alumnos puedan considerar de interés* (Gil-Pérez e Carrascosa, 1994; Cachapuz, Praia e Jorge, 2000).

Esta estratégia baseia-se fundamentalmente no envolvimento dos alunos na construção do conhecimento, aproximando a actividade dos mesmos da riqueza do tratamento científico dos problemas incluindo, entre outros:

- A consideração do possível interesse e importância das situações propostas, que dá sentido ao estudo e evita que os alunos se vejam imersos no tratamento de uma situação, sem ter tido a oportunidade de formar uma primeira ideia motivadora acerca do assunto/situação.
- O estudo qualitativo de situações problemáticas, tomando decisões — com a ajuda de necessárias pesquisas bibliográficas — para definir e delimitar problemas concretos (actividade durante a qual os estudantes começam por explicitar as suas ideias de uma maneira funcional).
- A *invenção* de conceitos e a emissão de hipóteses, (ocasião para usar as concepções alternativas para fazer previsões).
- A elaboração de possíveis estratégias para a resolução de problemas, incluindo, quando apropriado, desenhos experimentais para verificar as hipóteses à luz da teoria.
- A implementação de estratégias, assim como a análise dos resultados, confrontando-os com os obtidos por outros alunos e com os da comunidade científica. Tal pode converter-se numa *ocasião de conflito cognitivo entre distintas concepções (tomadas todas elas como hipóteses)* e obrigar a conceber novas conjecturas e a reorientar a investigação.
- A utilização do novo conhecimento numa variedade de situações com vista a aprofundar e consolidar, pondo particular ênfase nas relações dinâmicas CTS que organizam o desenvolvimento científico, e orientam todo o trabalho. Trata-se de relevar e evidenciar a natureza de um corpo coerente de conhecimento em qualquer domínio científico; pondo ênfase especial nas relações Ciência/Tecnologia/Sociedade que marcam o desenvolvimento científico (propiciando, a tal respeito, a tomada de decisões) e dirigindo todo esse tratamento para mostrar o carácter de corpo coerente que tem toda a ciência, favorecendo, para

tal, as *actividades de síntese* (esquemas, memórias, resumos, mapas conceptuais...), a *elaboração de produtos* (susceptíveis de romper com planeamentos excessivamente escolares e de reforçar o interesse pela tarefa) e a *conceptualização de novos problemas*.

É importante frisar que *as orientações acima referidas não constituem um algoritmo* que tenta guiar as actividades dos alunos passo a passo, mas pelo contrário, elas devem ser consideradas como indicações gerais que chamam a atenção para aspectos essenciais que têm a ver com a construção do conhecimento científico, que, muitas vezes, não são suficientemente tidos em conta no ensino das ciências. Estamos a referir quer aspectos processuais quer axiológicos: as relações CTS (Solbes e Vilches, 1997), tomadas de decisão (Aikenhead, 1985), comunicação (Sutton, 1996) A aprendizagem da Ciência é concebida, por isso, não como uma simples mudança conceptual, mas como uma mudança conceptual, processual e axiológica ou, melhor ainda, como um processo de pesquisa orientado que leva os alunos a participar na (re)construção do conhecimento científico, favorecendo uma aprendizagem mais significativa e eficiente. 'The emphasis is on students engagement in problem identification, hypothesis development, testing and argument' (Matthews, 1990).

Perspectivas

Para concluir esta análise crítica acerca do construtivismo na Educação em Ciência, gostaríamos de chamar atenção para o perigo das leituras superficiais e da *vacuidade* do termo "construtivismo" (Carretero e Limón, 1996; Matthews, 2000; Jenkins, 2000). Esta vacuidade torna possível a qualificação do "construtivismo" como algo que foi sempre feito ('eu explico os conhecimentos e os meus alunos reconstruam-nos nas suas cabeças'). Esta leitura tem, inevitavelmente, os seus adeptos: o construtivismo não seria senão uma interpretação da aprendizagem e não teria nada a dizer acerca do ensino (dito de outro modo: deixemos as coisas tal como elas estão).

É talvez esta vacuidade (esta conjugação, debaixo de o *guarda-chuva* construtivista, de receitas simplistas, de discussões filosóficas distanciadas da problemática concreta do ensino/aprendizagem das ciências, de interpretações *light* que permite que alguém haja o que houver se denomine construtivista...) que leva alguns autores, como Osborne (1996) a falar de 'Beyond Constructivism' e Giordan (1996) a perguntar-se 'cómo ir más allá de los modelos constructivistas?' e a propôr novas denominações (*alosteric model*).

Contudo, em nossa opinião, a expressão *consenso construtivista* (Resnick, 1983; Novak, 1988) é ainda útil para pôr em relevo a convergência básica no campo da Educação em Ciência de propostas tão diversas terminologicamente, como as de Posner et al. (1982), Osborne e Wittrock (1983), Gil-Pérez e Carrascosa (1985, 1994), Driver e Oldham (1986), Giordan (1989), Duschl (1990, 1995), Wheatley (1991), Hodson (1992), Porlán (1993), National Research Council (1996), Guisasaola e Iglesia (1997); Cachapuz, Praia e Jorge (2000) ... Esta convergência apoia a ideia de progresso — não isento de controvérsias, como em qualquer campo científico — face à construção de uma nova perspectiva de ensino/aprendizagem das ciências, capaz de se afastar da simples transmissão/recepção de conhecimentos já elaborados e em definitivo. É preciso dizer que não será uma tarefa simples. Como assinala Duit (1996), a investigação tem mostrado com clareza que os professores oferecem sérias resistências em adotar orientações “construtivistas” — ou seja, organizar a aprendizagem das ciências para a (re)construção do conhecimento científico através de uma pesquisa orientada — e que introduzem, muitas vezes, graves distorções. Que sentido tem, por exemplo, falar de ‘aprendizagem como investigação orientada’, se os professores não tiverem experiência investigativa? (Dumas e Weil-Barais, 1998). Isto remete-nos para o problema da formação de professores e para a necessidade de os implicar na (re)construção de um corpo de conhecimento em educação científica (Pessoa de Carvalho e Gil-Pérez, 1998). É neste sentido do envolvimento de alunos e *professores* na (re)construção do conhecimento — superando a ineficaz transmissão/recepção desse conhecimento — que nós, e muitos outros, falamos do construtivismo em Educação em Ciência.

Referências bibliográficas neste capítulo 5

- AIKENHEAD, G. S. (1985). Collective Decision Making in the Social Context of Science. *Science Education* 69 (4), 453-475.
- ANDERSON, O. R. (1997). A Neurocognitive Perspective on Current Learning Theory and Science Instructional Strategies, *Science Education*, 81 (1), 67-89.
- AUSUBEL, D. P. (1978). *Educational Psychology. A Cognitive View*, New York: Holt, Rinehart and Winston inc.
- BACHELARD, G. (1938). *La Formation de l'Esprit Scientifique*, Paris: Vrin.
- BELL, B.F e PEARSON, J. (1992). Better Learning', *International Journal of Science Education*, 14(3), 349-361.
- BURBULES, N. e LINN, M. (1991). Science Education and Philosophy of Science: Congruence or Contradiction? *International Journal of Science Education*, 13 (3), 227-241.

- CACHAPUZ, A., PRAIA, J. e JORGE, M. (2000). Reflexão em Torno de Perspectivas do Ensino das Ciências: Contributos para uma Nova Orientação Curricular- Ensino por Pesquisa, *Revista de Educação*, IX(1), 69-79.
- CARRETERO, M. e LIMÓN, M. (1996). Problemas Actuales del Constructivismo. De la Teoría a la Práctica. Em Rodrigo, M. J. e Arnay, R (Eds.). *La Construcción del Conocimiento Escolar. Ecos de un Debate*. Auque, Buenos Aires.
- CLEMINSON, A. (1991). Establishing an Epistemological Base for Science Teaching in the Light of Contemporary Notions of the Nature of Science and of How Children Learn Science, *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (5), 429-445.
- DÉSAUTELS, J., LAROCHELLE, M., GAGNE, B. e RUEL, F. (1993). La Formation à l'Enseignement des Sciences: le Virage Épistémologique, *Didaskalia*, 1, 49-67.
- DRIVER, R. e EASLEY, J. (1978). Pupils and Paradigms: A Review of Literature Related to Concept Development in Adolescent Science Students, *Studies in Science Education*, 10, 37-70.
- DRIVER, R. e OLDHAM, V. (1986). A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science, *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- DUIT, R. (1996). The Constructivist View in Science Education. What it Has to Offer and What Should not be Expected From It, *Investigações em ensino de ciências*, 1, 40-75.
- DUMAS-CARRÉ, A. e WEIL-BARAIS, A. (1998). *Tutelle et Médiation dans l'Éducation Scientifique*, Berne: Peter Lang.
- DUSCHL, R. (1990). *Restructuring Science Education: The Role of Theories and Their Importance*, New York: Teacher College Press, Columbia University.
- DUSCHL, R. (1995). Más Allá del Conocimiento: Los Desafíos Epistemológicos y Sociales de la Enseñanza Mediante el Cambio Conceptual, *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 3-14.
- DUSCHL, R. e GITOMER, D. (1991). Epistemological Perspectives on Conceptual Change: Implications for Educational Practice, *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (9), 839- 858.
- ENGEL, E. e DRIVER, R. (1986). A Study of Consistency in the Use of Students' Conceptual Framework Across Different Task Contexts, *Science Education*, 70(4), 473-496.
- FRASER, B. e TOBIN, K. G. (Eds.) (1998). *International Handbook of Science Education*, London: Kluber Academic Publishers.
- FREDETTE, N. e LOCHHEAD, J. (1981). Students Conceptions of Electric Current, *The Physics Teacher*, 18, 194-198.
- FURIÓ, C. e GIL-PÉREZ, D. (1978). *Programa-Guía: Una Propuesta Para la Renovación de la Didáctica de la Física y Química*, Ice de la Universidad de Valencia.
- FURIÓ, C., CALATAYUD, M. L., BÁRCENA, S. e PADILLA D. H. (2000). Functional Fixedness and Functional Reduction as Common Sense Reasonings in Chemical Equilibrium and in Geometry and Polarity of Molecules, *Science Education*, 84, 545-565.

- GABELL, D. L. (Ed.) (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Pub. Co.
- GIL-PÉREZ, D. (1993). Contribución de la Historia y 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.
- GIL-PÉREZ, D. e CARRASCOSA, J. (1985). Science Learning as a Conceptual and Methodological Change, *European Journal of Science Education*, 7 (3), 231-236.
- GIL-PÉREZ, D. e CARRASCOSA, J. (1994). Bringing Pupils' Learning Closer to a Scientific Construction of Knowledge: A Permanent Feature in Innovations in Science Teaching, *Science Education*, 78(3), 301-315.
- GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J. e MARTÍNEZ-TERRADES, F. (2000). La Didáctica de las Ciencias: Una Disciplina Emergente y un Campo Específico de Investigación., Em Perales, J. e Cañal, P. (Eds.), *Didáctica De Las Ciencias: Teoría y Práctica de la Enseñanza de las Ciencias*, Alcoy: Marfil.
- GIL-PÉREZ, D., GUIASOLA, J., MORENO, A., CACHAPUZ, A., PESSOA, A., MARTÍNEZ, J., SALINAS, J., VALDÉS, P., GONZÁLEZ, E., GENÉ, A., DUMAS, A., TRICÁRICO, H. e GALLEGO, R. (2002), Defending constructivism in science education, *Science & Education*, 11, 557-571.
- GIORDAN, A. (1978). Observation-Expérimentation: Mais Comment les Elevés Apprennent-Ils?, *Revue Française De Pédagogie*, 44, 66-73.
- GIORDAN, A. (1989). De las Concepciones de los Alumnos a un Modelo de Aprendizaje Alostérico, *Investigación en la Escuela*, 8, 3-14.
- GIORDAN, A. (1996). ¿Cómo Ir Más Allá de los Modelos Constructivistas? La Utilización Didáctica de las Concepciones de los Estudiantes, *Investigación en la Escuela*, 28, 7-22.
- GRUENDER, C. D. e TOBIN, K. (1991). Promise and Prospect, *Science Education*, 75 (1), 1-8.
- GUILBERT, L. e MELOCHE, D. (1993). L'idée de Science Chez des Enseignants en Formation: Un Lien Entre L'histoire des Sciences et l'Hétérogénéité des Visions, *Didaskalia*, 2, 7-30.
- GUIASOLA, J. e DE LA IGLESIA, R. (1997). Erein Projektua: Proyecto de ciencias para la ESO basado en el planteamiento de situaciones problemáticas, *Alambique*, 13, 83-93.
- HARDY, M. D. e TAYLOR, P. C. (1997). Von Glasersfeld's Radical Constructivism: A Critical Review, *Science & Education*, 6, 135-150.
- HASHWEH, M. Z. (1986). Towards an Explanation of Conceptual Change, *European Journal of Science Education*, 8 (3), 229-249.
- HEWSON, P. W. e THORLEY, N. R. (1989). The Conditions of Conceptual Change, *International Journal of Science Education*, 11, 541-553.

- HODSON, D. (1992). In Search of a Meaningful Relationship: An Exploration of Some Issues Relating to Integration in Science and Science Education, *International Journal of Science Education*, 14(5), 541-566.
- HODSON, D. (1993). Philosophic Stance of Secondary School Science Teachers, Curriculum Experiences, and Children's Understanding of Science: Some Preliminary Findings, *Interchange*, 24(1 e 2), 41-52.
- HOWE, A. C. (1996). Development of Science Concepts within a Vigotskian Framework, *Science Education*, 80(1), 35-51.
- JENKINS, E. W. (2000). Constructivism in School Science Education: Powerful Model or the Most Dangerous Intellectual Tendency? *Science & Education*, 9, 599-610.
- JENKINS, E. W. (2001). Science Education as a Field of Research, *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 1(1), 9-21.
- JOUNG, W. (1993). Uses of Cognitive Science to Science Education, *Science & Education*, 2(1), 31-36.
- KELLY, G. (1955). *The Psychology of Personal Constructs*, New York: Norton.
- KLOPFER, L. E. (1983). Research and The Crisis in Science Education, *Science Education*, 67(3), 283-84.
- MATTHEWS, M. R. (1990). History, Philosophy, and Science Teaching: a Rapprochement, *Studies in Science Education*, 18, 25-51.
- MATTHEWS, M. R. (2000). Editorial' of the Monographic Issue on Constructivism, Epistemology and the Learning of Science, *Science & Education*, 9, 491-505.
- McCOMAS, W. F. (Ed.) (1998). *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*, Dordrecht/Boston London: Kluwer Academic Publishers.
- McDERMOTT, L. C., SHAFFER, P. S., ROSENQUIST, M. L. e THE PHYSICS EDUCATION GROUP (1996). *Physics by Inquiry*, New York: Wiley & Sons, Inc.
- MEICHTRY, Y. (1993). The Impact of Science Curricula on Students Views about the Nature of Science, *Journal of Research in Science Teaching*, 39(5), 429-443.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996). *National Science Education Standards*, Washington, Dc: National Academy Press.
- NERSESSIAN N. J. (1995). Should Physicist Preach What They Practice?, *Science & Education*, 4, 203-226.
- NOLA, R. (1997). Constructivism in Science and Science Education: A Philosophical Critique, *Science & Education*, 6, 55-83.
- NOVAK, J. D. (1988). Constructivismo Humano: Un Consenso Emergente. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 213-223.
- OSBORNE, J. F. (1996). Beyond Constructivism, *Science Education*, 80(1), 53-82.
- OSBORNE, R. e WITTROCK, M. (1983). Learning Science: A Generative Process, *Science Education*, 67, 490-508.
- OSBORNE, R. e WITTROK, M. (1985). The Generative Learning Model and its Implications for Science Education, *Studies in Science Education*, 12, 59-87.

- PESSOA DE CARVALHO, A. e GIL-PÉREZ, D. (1998). Physics Teacher Training: Analysis and Proposals. Em Tiberghien, A., Jossem, E. e Barojas, J. (1998). *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*, I.C.P.E Book, International Commission on Physics Education.
- PFUNDT, H. e DUIT, R. (1998). *Bibliography: Students' Alternative Frameworks and Science Education*. Institute for Science Education, Kiel.
- PIAGET, J. (1971). *Psicología y Epistemología*, Barcelona: Ariel.
- POPE, M. L. e GILBERT, J. (1983). Personal Experience and the Construction of Knowledge in Science, *Science Education*, 67, 193-203.
- PORLÁN, R. (1993). *Constructivismo y Escuela. Hacia un Modelo de Enseñanza-Aprendizaje Basado en la Investigación*, Sevilla: Diada.
- POSNER, G. J., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W. e GERTZOG, W. A. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Towards a Theory of Conceptual Change, *Science Education*, 66(2), 211-227.
- RESNICK, L. B. (1983). Mathematics and Science Learning: A New Conception, *Science*, 220, 477- 478.
- ROTH, W. M. (1998). Learning Process Studies: Examples from Physics, *International Journal of Science Education*, 20(9), 1019-1024.
- SALINAS, J., CUDMANI, L. e PESA, M. (1996). Modos Espontáneos de Razonar: Un Análisis de su Incidencia sobre el Aprendizaje del Conocimiento Físico a Nivel Universitario Básico, *Enseñanza de Las Ciencias*, 14(2), 209-220.
- SHUELL, T. J. (1987). Cognitive Psychology and Conceptual Change: Implications for Teaching Science, *Science Education*, 71(2), 239-250.
- SOLBES, J. e VILCHES, A. (1997). STS Interactions and the Teaching of Physics and Chemistry, *Science Education*, 81(4), 377-386.
- SOLOMON, J. (1991). Teaching About the Nature of Science in the British National Curriculum, *Science Education*, 75 (1), 95-103.
- SOLOMON, J. (1994). The Rise and Fall of Constructivism, *Studies in Science Education*, 23, 1-19.
- SUCHTING, W. A. (1992). Constructivism Deconstructed, *Science & Education*, 1(3), 223-254.
- SUTTON, C. (1996). Beliefs about Science and Beliefs about Language, *International Journal of Science Education*, 18(1), 1-18.
- TIBERGHIE, A., JOSSEM, E. e BAROJAS, J. (1998). *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*, ICPE Book, International Commission on Physics Education.
- TOBIN, K. G. (Ed.) (1993). *The Practise of Constructivism in Science and Mathematics Education*, Washington DC: AAA Press.
- TOBIN, K., ESPINET, M., BYRD, S. E. e ADAMS, D. (1988). Alternative Perspectives of Effective Science Teaching, *Science Education*, 72(4), 433-451.

- VIENNOT, L. (1976). *Le Raisonnement Spontané en Dynamique élémentaire*. Thèse d'Etat. Université Paris 7. Herman, Paris.
- VIENNOT, L. (1989). L'enseignement des Sciences Physiques Objet de Recherche, *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 716, 899-910.
- VIENNOT, L. (1996). *Raisonner en Physique. La Part du Sens Commun*, Paris e Bruxelles: De Boeck e Larcier S. A.
- WHEATLEY, G. H. (1991). Constructivist Perspectives on Science and Mathematics Learning, *Science Education*, 75(1), 9-21.
- WANDERSEE, J. H., MINTZES, J. J. e NOVAK, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. Em Gabel, D. L. (Ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Pub Co, 177-210.

Capítulo 6*

A INTRODUÇÃO DOS CONCEITOS DE TRABALHO E ENERGIA: EXEMPLO DE PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA ORIENTAR O TRABALHO DOS ESTUDANTES

Comentários preliminares. Apresenta-se um programa de actividades com o qual pretendemos exemplificar o que entendemos por aprendizagem como investigação (orientada). Escolhemos o tema da introdução dos conceitos de trabalho e de energia (Doménech et al., 2004) para mostrar que, inclusive em conceitos especialmente complexos como estes, é possível superar a mera transmissão de conhecimentos já elaborados.

Tal como se indica no título, este programa de actividades surge como um aprofundar do estudo das mudanças. Tal estudo iniciou-se, em temas precedentes, com a descrição cinemática de uma das mudanças mais simples — o deslocamento dos corpos — e a introdução de conceitos como o de interacção. O aprofundamento que agora iniciamos, permitirá introduzir conceitos como o de *trabalho* e o de *energia* que, como sabemos, se revelaram de uma extraordinária fecundidade para o estudo científico e tecnológico de todo tipo de transformações.

* Este capítulo teve por base o seguinte trabalho: DOMÉNECH, J. L., GIL-PÉREZ, D., MARTÍNEZ TORREGROSA, J. e VALDÉS, P. (2004). ¿Cómo profundizar en el estudio de los cambios que ocurren a nuestro alrededor?: introducción de los conceptos de energía y trabajo. Em Gil-Pérez, D., Martínez-Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. e Vilches, A. (Eds.). ¿Cómo promover el interés por la cultura científica? (UNESCO. No prelo).

Como se poderá constatar neste programa aparecem dois tipos de texto: um dirigido aos estudantes (as actividades propostas, acompanhadas de breves introduções) e outro refere-se a comentários dirigidos aos docentes.

Introdução

Como temos constatado em temas anteriores, o conceito de força (estabelecido pelos três princípios da dinâmica de Newton) permite explicar as mudanças de movimento experimentadas pelos objectos. Mas, além dos movimentos, ocorrem muitas outras transformações na natureza e o seu estudo tem conduzido à introdução de novos conceitos que têm permitido aprofundar a compreensão e o aproveitamento das mudanças.

A.1. *Dêem exemplos de mudanças, transformações, que ocorram na natureza e sugiram porque é que pode ser interessante o seu estudo.*

Comentários A.1. Embora inicialmente os alunos possam dar escassas contribuições, insiste-se e valorizam-se essas primeiras aportações, pouco a pouco incrementa-se a sua produtividade e acaba por mencionar-se um sem-fim de exemplos que os fazem compreender o interesse do estudo das mudanças: desde as que são produzidas espontaneamente na natureza (como terremotos, erupção de vulcões, erosões... ou o crescimento dos seres vivos) até às produzidas por nós, os seres humanos, como árvores transformadas em móveis ou em papel, petróleo em plásticos ou medicinas, trigo em pão... sem esquecer a transformação das florestas em desertos por culpa da deflorestação irracional, de rios em esgotos, pela irresponsabilidade de empresas e governos no controlo do que neles é vertido, etc. Desta forma, compreende-se o interesse em conhecer a natureza das mudanças, de como produzir algumas... e de como controlar ou evitar outras.

A atenção dada à grande diversidade de mudanças que ocorrem na natureza não deve deixar na sombra uma concepção muito presente na tradição cultural e, como temos podido constatar, entre os próprios alunos: a concepção de que há coisas imutáveis.

Pode pensar-se que estamos a dar excessiva relevância à ideia de mudança, de transformação. Convém, pois, destacar a seguinte actividade:

A.2. *Proponham exemplos de coisas que se poderiam considerar imutáveis, ou seja, que permaneçam sempre iguais.*

Comentários A.2. Como é lógico, esta actividade pretende questionar a ideia em si mesma de objecto imutável, reforçando assim, ainda mais, a importância do

estudo das mudanças. É preciso mencionar a crença habitual no carácter imutável dos céus, que se pode questionar com referências à “história” do Universo, marcada por transformações muito profundas, como o “Big Bang”, o nascimento e morte das estrelas, etc., sem esquecer algumas tão próximas e de efeitos tão notáveis sobre a vida na Terra como é o choque de meteoritos ou as tempestades solares.

Em certas ocasiões os estudantes referem-se também às rochas como objectos imutáveis. Convém pois discutir o que representa a erosão e referir como a água, o vento ou as raízes das plantas reduzem essas rochas a pó.

Menos frequentes, mas ainda mais interessantes, são as referências ao facto dos animais “serem sempre iguais”, ou seja que “os cães geram sempre cães e os cavalos, cavalos”. Já sabemos que esta ideia de imutabilidade das espécies tem sido a crença comum, apoiada pelas aparências, até ao ponto de que os trabalhos de Darwin sobre a evolução das espécies foram rejeitados pela igreja, e incluídos no *Index Librorum Prohibitorum*. A discussão de factos como estes pode constituir uma magnífica ocasião, tanto para reforçar a importância da ideia de mudança, como para insistir na complexidade das relações CTSA e na importância da liberdade para o desenvolvimento científico.

A.3. *Elaborem uma exposição para destacar as vantagens e inconvenientes de algumas das mudanças que têm lugar na natureza e, em particular, as que provocam as pessoas (utilizando tudo aquilo que considerarem conveniente preparar ou recolher: cartazes, fotos, maquetas, recortes de jornais, objectos ilustrativos...). A exposição poderá ser visitada por estudantes e professores de outros cursos (anos de escolaridade) e centros (escolas ou agrupamentos).*

Comentários A.3. A ideia de uma exposição pública introduz uma forte motivação, posto que a actividade deixa de ser um simples exercício escolar para se converter na elaboração do *produto*, destinado ao consumo real de outras pessoas (visitantes da exposição). Naturalmente, não se pode abusar de actividades como esta que exigem muito trabalho. Mas, é importante recorrer, em alguma ocasião, às mesmas, e esta introdução ao estudo das mudanças pode ser uma excelente oportunidade.

É importante que esta exposição contribua para fazer compreender que as nossas acções — e muito em particular as da ciência e da tecnologia — têm efeitos que devem ser avaliados e submetidos responsavelmente ao “princípio de prudência”. É preciso, a este respeito, evitar qualquer reducionismo sobre o papel da tecnociência, e não o deixar cair na sua exaltação acrítica como factor absoluto de progresso, nem o tornar como responsável, quase exclusivamente, pela degradação das condições de vida no planeta. Remetemo-nos, a este respeito, ao discutido no capítulo 2 sobre o tratamento superficial das relações CTSA.

Assim que os alunos tenham discutido a importância do estudo das mudanças, eles estarão preparados para abordar tal estudo, apoiando-se nas suas vivências e concepções, que é preciso fazer aflorar e valorizar como útil (e inevitável) ponto de partida, se se contemplarem como conjecturas destinadas a ser postas à prova (e a modificar, se necessário) e não como “verdades” a defender, o que as converteria num obstáculo à construção de novos conhecimentos.

Convém que exponhamos agora as nossas ideias e suposições sobre como ocorrem as mudanças, acima de tudo as que as pessoas provocam. Não deve preocupar-nos que essas ideias sejam inicialmente confusas e pouco sólidas (de facto isto é algo que ocorre também habitualmente com os próprios cientistas no início de qualquer tarefa), já que a sua discussão constituirá um valioso ponto de partida para o estudo que agora começamos.

A.4. O que supõem que faz falta para conseguir que um objecto sofra alguma mudança?

Comentários A.4. Uma actividade como esta conduz a uma introdução confusa das ideias comuns de trabalho, calor, esforço, cansaço, consumo de energia... Esta confusão não nos deve causar estranheza nem ser rejeitada: temos de ter em conta que, conceitos como os de trabalho ou de energia, que se encontram entre os mais fecundos da física, até há apenas um século ainda não se tinham formulado de maneira precisa. Devemos valorizar, pois, estas confusas referências e tomá-las *explicitamente* como ponto de partida para o desenvolvimento do tema.

Pode-se indicar aos alunos que vamos aprofundar as ideias às quais fizeram referência, começando pelas de trabalho e energia, e que abordaremos, no tema seguinte, o estudo dos fenómenos caloríficos. Isto vai-nos permitir, (como poderão ver), construir conhecimentos que serão muito úteis para a compreensão e o controlo das transformações.

De acordo com o discutido, o estudo desta problemática desenvolver-se-á em quatro unidades. A primeira, que abordamos neste capítulo, estará destinada à **introdução dos conceitos de trabalho e de energia** e terá o seguinte conteúdo:

- Uma primeira concepção qualitativa do trabalho e da energia.
- Operacionalidade dos conceitos de trabalho e energia para o estudo das transformações mais simples: os movimentos mecânicos.
- Recapitulação e perspectivas: O que é que ocorre com a energia quando um sistema sofre mudanças?

Na segunda unidade, ocupar-nos-emos do estudo dos fenómenos caloríficos, cuja relação com a produção de mudanças é conhecida desde as origens da humanidade. Isto permitirá, como veremos, aprofundar o conhecimento da energia e mostrar como os estudos sobre o calor, o trabalho e a energia se potenciaram mutuamente e abriram perspectivas tecnológicas de enorme transcendência.

Na terceira unidade, estuda-se o papel da energia nas nossas vidas, observando os usos da mesma ao longo da história, desde as primeiras formas de produzir mudanças até às tecnologias actuais.

Por último, incluiremos uma unidade destinada às **fontes de energia** e aos problemas associados à sua obtenção e uso.

Destas quatro unidades unicamente incluiremos neste livro, por razões de espaço, a primeira, como ilustração da nossa proposta, muito em particular, da introdução de conceitos (a que este capítulo 6 está destinado).

1. Uma primeira concepção qualitativa do trabalho e da energia

Dedicaremos este capítulo à construção do significado científico de alguns conceitos que acabámos de mencionar, como trabalho e energia, que pensamos poderem constituir um bom ponto de partida para o estudo das mudanças.

A.5. Entre as ideias propostas em relação à origem das mudanças está a de realização de trabalho. Indiquem diversos exemplos do que entendem por trabalho na vida quotidiana e proponham uma ideia qualitativa de trabalho que funcione nestas situações.

Comentários A.5. Digamos, desde já, que esta actividade permite superar as habituais introduções puramente operacionais, carentes do significado físico que proporciona, precisamente, a discussão qualitativa. Como em tantos outros casos, esta discussão permite ligar com as ideias que os alunos já têm, apoiar-se em algumas e questionar outras, sempre tratando de ultrapassar a ambiguidade com que habitualmente tratamos os conceitos de trabalho e energia na linguagem corrente. Neste caso aparecem as ideias de mudança (“trabalha-se para alcançar algo, para conseguir uma transformação...”) e de força (“o trabalho exige esforço, é preciso aplicar força...”). Depois da discussão em comum, pode-se chegar assim ao conceito qualitativo de trabalho como “a transformação da matéria pela acção de forças”, ou qualquer expressão parecida, que expresse com bastante propriedade uma primeira ideia qualitativa de trabalho, tal como foi enunciada pelo mesmo Maxwell no seu livro *Matter and Motion* (Maxwell, 1877).

Para aprofundar esta concepção qualitativa de trabalho abordaremos uma situação particularmente interessante.

A.6. Está a realizar trabalho uma pessoa que está empurrando uma parede (sem chegar a derrubá-la)?

Comentários A.6. É óbvio que a parede não sofre transformações apreciáveis quando uma pessoa a empurra, pelo que se pode concluir que, apesar do indiscutível esforço que realiza quem empurra a parede, não se efectua trabalho. Isto permite

insistir nas diferenças entre esforço e trabalho. Não entanto, é necessário ajustar esta conclusão, porque a impressão de estar realizando trabalho, que os alunos têm quando empurram uma parede ou seguram um objecto pesado, não é totalmente errada: o próprio indivíduo, que segura o objecto, experimenta transformações (o seu coração bate mais depressa, transpira, “falta-lhe energia”...). Assim, pois, não se realiza trabalho sobre a parede, mas sim realizam trabalho certas partes do corpo do sujeito sobre outras.

Percebe-se assim que a compreensão do conceito não se pode atingir sem se aprofundar mais este mesmo conceito, e sem ter em conta as suas relações com o conceito associado de energia, a que se referem também os alunos desde o primeiro momento. De facto, existe uma polémica sobre a conveniência de começar por se introduzir o conceito de trabalho antes do de energia, ou vice-versa (Sexl, 1981; Warren, 1982; Duit, 1986). Na nossa opinião, é preferível uma introdução praticamente simultânea, pois, trata-se de dois conceitos estreitamente relacionados. Consideramos conveniente introduzir agora o conceito qualitativo de energia antes de analisar o tratamento quantitativo da grandeza *trabalho*.

A.7. Exponham as ideias qualitativas que tenham do conceito de energia.

Comentários A.7. A ideia de energia como “capacidade de um sistema para realizar trabalho” (ou para transformar a matéria, produzir mudanças, etc.), surge na maioria das grupos. Se bem que, como sabemos, esta ideia de energia apresenta sérios problemas — como se tem vindo a assinalar reiteradamente na literatura (Duit, 1986; Pinto, 1991) —, temos de ser conscientes de que o nosso objectivo não é estabelecer, desde um primeiro momento, as concepções definitivas, ou melhor dito, as actualmente aceites como válidas pela comunidade científica; antes pelo contrário, pretendemos mostrar a evolução das concepções utilizadas conforme se vão abordando situações mais complexas. Pensamos que esta introdução dos conceitos faz mais sentido em relação à maneira como se constroem os conhecimentos científicos e favorece mais uma visão dinâmica do trabalho científico por parte dos estudantes.

A.8. Com o propósito de constatar o significado que damos habitualmente ao termo energia, considerem transformações familiares como, por exemplo, um automóvel que se põe em movimento, o aquecimento de uma habitação por meio de um aquecedor eléctrico, etc., e interpretem-nas utilizando a ideia de energia.

Comentários A.8. Trata-se de uma actividade que consideramos necessária para começar a habituar os estudantes a utilizar a ideia de energia para interpretar as mudanças que ocorrem à nossa volta. Deste modo, ao considerar-se o exemplo de um automóvel que se põe em movimento, os alunos interpretam que isso se alcança “graças à energia proporcionada pela gasolina” e, no exemplo da habitação

aquecida por um aquecedor, eles fazem referência à “energia eléctrica”. Surge assim a conveniência de abordar a questão das diferentes formas de energia.

A.9. *Elaborem uma relação, tão completa quanto for possível, de formas distintas de energia que conheçam.*

A.10. *Indiquem, para cada uma das formas de energia consideradas, em que pode estar baseada a sua capacidade de transformar a matéria.*

Comentários A.9 e A.10. Os alunos enumeram toda uma série de supostas formas de energia, mistura de denominações usadas habitualmente e presentes em livros, imprensa, etc., que, em muitos casos, correspondem a distintas fontes de energia: hidráulica, eólica, química, nuclear, eléctrica, mecânica, calorífica, cinética, potencial, térmica, elástica, atómica, mar motriz, ...). Ressalta a desordem desta enumeração, que a reflexão sobre o “em que pode estar baseada a sua capacidade para transformar a matéria” deve contribuir para superar, fazendo ver o carácter cinético de algumas denominações (energia eólica, mar motriz ...) ou o carácter potencial de outras (não só a potencial gravitacional!). Assim, quando consideram a “energia do vento”, a sua capacidade para moer grão, referem-se a que o ar “golpeia as pás do moinho fazendo-as girar, etc.”. Essa energia está associada à interacção que se pode produzir pelo facto de que uma parte do sistema (o ar) se move em relação a outra (as pás do moinho). Se fala por isso de energia cinética. No caso de uma mola comprimida no de uma pedra suspensa a uma certa altura, deve pensar-se que se trata de uma energia armazenada, uma energia que se encontra em potência. Esta é a razão que nos faz falar, nestes casos, de energia potencial: elástica, eléctrica e gravitacional.

No que se refere à chamada energia térmica ou calorífica, convém propor à consideração o estudo dos fenómenos caloríficos e a clarificação da natureza do calor, que se realiza, como indicámos, na unidade seguinte. Convém insistir aqui em que tudo isto torna imprescindível para a plena compreensão dos processos energéticos e realçar do mesmo modo a importância de abordar com atenção os problemas associados à obtenção e uso da energia que utilizamos (ao que destinaremos toda uma unidade).

Assinalemos, por último, que falar de distintas formas de energia pode reforçar a sua concepção substancial, “como algo material que muda de forma”, o que, como têm assinalado diversos autores (Ogborn, 1986; Trumper e Gosky, 1993), constitui uma concepção errónea muito expandida.

A.11. *Algumas pessoas pensam que a energia é uma espécie de substância, de combustível, que possuem os objectos e graças à qual podem produzir mudanças. Expressem a vossa opinião a esse respeito, considerando algum exemplo concreto como o da energia eólica e o da mola comprimida.*

Comentários A.11. Os exemplos aqui propostos permitem aos estudantes começarem a questionar a ideia substancial de energia. Assim, no caso do vento, a capacidade de transformar a matéria aparece associada ao facto de o ar golpear as pás do moinho fazendo-as girar. É preciso insistir que se devem associar as diferentes formas de energia (cinética, potencial gravitacional, etc.) a diferentes configurações dos sistemas e a formas de interactuar da matéria. Por outras palavras, a diversidade de qualificativos, com que habitualmente acompanhamos o termo energia, indica-nos a propriedade (ou propriedades) do sistema que intervirá (ou pode intervir) num processo determinado, ou o tipo de processo em que o sistema participará (Pintó, 1991; Resnick, Halliday e Krane, 1993; Kaper e Goedhart, 2002). Assim, para mencionar outro exemplo, dizemos que uma bateria tem energia eléctrica porque a separação de cargas de sinal diferente nos pólos dota o sistema com a capacidade de produzir transformações, quando se possibilita a circulação de cargas.

Os conceitos de energia e trabalho que utilizamos para estudar as transformações estão muito relacionados entre si, e podem confundir-se facilmente se não fizermos um esforço de clarificação.

A.12. *A partir das ideias qualitativas sobre a energia e o trabalho que temos construído, sugiram a relação entre o trabalho realizado por um sistema e a energia de que este dispõe.*

Comentários A.12. Esta actividade conduz a expressar a ideia de que, ao realizar trabalho, o sistema “consome energia” ou melhor, experimenta uma variação de energia. Obviamente, esta ideia (que se pode concretizar numa hipotética relação entre o trabalho W e as variações de energia ΔE : $W = \Delta E$) é ainda muito imprecisa e terá de ser aprofundada e, no seu devido momento, corrigida. Mas, de entrada permite expressar a estreita relação entre ambas as grandezas concebendo o trabalho como uma forma de transferência de energia sem cair, como fazem alguns estudantes no início, na mera identificação ($E=W$).

Convém deter-se em clarificar a ideia de variação evitando a sua identificação a consumo:

A.13. *Frequentemente ouve-se dizer que a realização de trabalho supõe consumo de energia, de maneira que, sempre que se realiza um trabalho há uma diminuição de energia. Procurem algum contra-exemplo que mostre como a realização de trabalho se pode traduzir tanto em aumento como em diminuição de energia, pelo que é melhor falar, em geral, de variação de energia.*

Comentários A.13. Qualquer exemplo considerado pelos estudantes permite ver que quando um sistema, ou parte dele, faz trabalho sobre outro, a energia de um deles diminui, mas a do outro aumenta. Assim, ao disparar-se uma mola e ao

exercer trabalho sobre um corpo, a energia “elástica” da mola diminui, mas o objecto adquire energia cinética. Noutros casos, como quando cai uma pedra, a energia potencial gravitacional diminui, mas aumenta a cinética. Compreende-se, assim, a conveniência de falar, em geral, de *variações* de energia, assim como a necessidade de definir com precisão o sistema cuja variação de energia se completa. Por outra parte, é também necessário evitar interpretações erradas de expressões como “conversão de energia potencial em cinética”.

A.14. *Indiquem o que compreendemos quando ouvimos expressões como “quando largamos um objecto de uma certa altura, a energia potencial converte-se em cinética”.*

Comentários A.14. Trata-se de evitar interpretações substanciais da expressão “transformação de uma forma de energia noutra”. Deve ficar claro que o que ocorre é uma modificação da configuração do sistema: o objecto que cai aproxima-se da terra diminuindo a energia potencial gravitacional do sistema, fazendo-o acelerar, o que aumenta a energia cinética do sistema.

Esta referência à configuração do sistema e às interacções que se podem produzir é absolutamente necessária, insistimos, para compreender *fisicamente*, o que significa a energia, longe de qualquer interpretação da mesma como uma espécie de combustível.

É importante, além disso, deixar claro que a energia é uma propriedade do *sistema*, não de objectos isolados. Quando falamos, por exemplo, de energia potencial gravitacional de uma pedra sabemos que esta se deve à interacção desta com a Terra e portanto, pertence ao conjunto formado pelas duas e não só pela pedra. No caso de um objecto isolado no espaço, longe de qualquer outro com o qual possa interactuar gravitacionalmente de maneira apreciável, é obvio que não tem sentido falar de energia potencial gravitacional. Como Mallinckrodt e Leff (1993) afirmam “a energia potencial surge sempre no contexto de um par (ou conjunto) de objectos que interactuam e, portanto, não tem nenhum fundamento atribuí-la completamente a qualquer destes objectos”.

Há que insistir neste carácter sistémico *também* da energia cinética, porque é algo ao que não se faz referência na literatura (nem nos textos de física, nem nos trabalhos de investigação) e que provoca, inclusive, certa rejeição inicial quando se propõe a questão aos professores. É óbvio, no entanto, que só podemos falar da energia cinética de um objecto na medida em que existam outros corpos com os quais possa colidir. Com efeito, a energia cinética expressa a capacidade de um conjunto de objectos para que se produzam mudanças, sendo a causa, precisamente, de que alguns se deslocam a uma velocidade determinada relativamente a outros. Trata-se, em definitivo, de uma *propriedade* do sistema constituído por esse conjunto de objectos.

Uma vez elaborada uma primeira ideia qualitativa sobre os conceitos de trabalho e energia, e antes de continuar com o nosso estudo das mudanças, convém fazer uma recapitulação do trabalho realizado.

A.15. *Sintetizem, em grandes traços, o que temos tratado até aqui, incluindo um esquema em que apareçam os termos: objecto, mudanças, trabalho, energia, forças e sistemas.*

Comentários A.15. Com esta actividade pretendemos favorecer uma recapitulação do trabalho realizado e evitar que os estudantes se percam numa “floresta de actividades”. Pode-se, assim, retomar as questões iniciais, ver o que avançámos, mostrar e discutir as possíveis confusões que persistam em relação às ideias introduzidas, propor como continuar, etc.

Após esta recapitulação do estudo qualitativo realizado até aqui, passaremos a tornar operacionais os conceitos de trabalho e energia:

2. Operacionalização dos conceitos de trabalho e de energia

Para que os conceitos de trabalho e de energia cheguem a ser plenamente úteis no propósito de melhorar a compreensão das mudanças e tornar, assim, possível o seu controlo, é necessário torná-los operacionais. Por outras palavras, temos de introduzir expressões que nos permitam fazer previsões quantitativas das mudanças e pô-las à prova. Começaremos com a ideia de trabalho.

2.1. Aprofundamento do conceito de trabalho. Criação de uma expressão para a sua medida

Segundo a concepção qualitativa elaborada no ponto anterior, podemos considerar que trabalho é a mudança da matéria através de forças. Com o propósito de dar operatividade a esta ideia, focalizar-nos-emos inicialmente nas mudanças mais simples que têm lugar na natureza: aquelas em que os corpos simplesmente se deslocam.

A.16. *Limitando-nos ao domínio das transformações mecânicas que estamos a estudar, proponham uma definição operacional de trabalho baseada no conceito qualitativo que temos estabelecido.*

Comentários A.16. A definição operacional $W = F \times d$, que os alunos propõem (e que convém aceitar inicialmente, embora tenha limitações), aparece agora como consequência do conceito qualitativo e assim deve ser verbalizada pelos alunos, pelo menos no que se refere à inclusão de ambos os factores (a força F e o deslocamento d , que mede a mudança produzida). Mas a ideia de uma proporcionalidade directa reflectida naquela expressão é uma simples hipótese de trabalho que

deve ser aprofundada, evitando assim respostas memorizadas (muitos alunos conhecem, sem dúvida, a definição operacional, ainda que provavelmente nunca a tenham compreendido); tal é o que se pretende com a actividade A.17.

A.17. *Analise as expressões seguintes e raciocine em que medida se podem considerar como definições operacionais válidas da grandeza trabalho:*

a) $W = F/d$; b) $W = F + d^2$; c) $W = F \times d^2$; d) $W = F \times d$; e) $W = F \times t$

Comentários A.17. Esta actividade obriga a focalizar-se significativamente na forma como **F** e **d** influenciam o trabalho. Assim, os alunos rejeitam facilmente a definição a) (que suporia realizar mais trabalho quanto menor for o deslocamento) e a definição b) (tanto pelo absurdo de adicionar grandezas não homogéneas, como porque, segundo a dita expressão, poderia haver trabalho na ausência de força ou de deslocamento). Uma maior dificuldade apresenta a definição c) mas os alunos conseguem aperceber-se que segundo a mesma, por exemplo, um lavrador que traçara quatro sulcos teria trabalhado 16 vezes mais do que aquele que traçou um só, o que não responde, pelo menos intuitivamente, ao que se pode supor. Naturalmente, estas reflexões qualitativas não “demonstram” a validade de uma definição, embora ajudem a concretizar as hipóteses. Este carácter hipotético das definições operacionais deve ser salientado: as definições não são arbitrarias nem constituem a “descoberta” de algo presente na natureza. E, obviamente, só a coerência do corpo de conhecimentos obtido permite validá-las. Pode tornar-se interessante lembrar aqui a definição clássica de força como causa de aceleração e proporcional à mesma ($F = ka$) que tem sido referendada por todos os resultados da dinâmica, enquanto a definição “de sentido comum” ($F = kv$) conduz a resultados absurdos.

Na continuação propomos uma série de actividades elementares para aprofundar a definição operacional introduzida (tornando-a aplicável às situações em que a direcção da força não coincide com a do deslocamento) e a familiarizar-se com a mesma.

A.18. *A partir da definição operacional proposta para o trabalho, definam a sua unidade no SI. Proponham seguidamente exemplos de situações nas quais se realize trabalho (como subir uma escada, arrastar uma mesa, levantar um colega, etc.) e dêem uma estimativa do seu valor em unidades internacionais.*

Comentários A.18. Há que insistir aqui na necessidade de evitar definições de *Joule* do tipo “1 N x 1m” carentes de todo o significado. Insistindo, os alunos chegam a propor uma definição mais física como “1 *Joule* é o trabalho efectuado quando actua uma força de 1 N sobre um corpo que se desloca 1 m na direcção e sentido da força”.

Por outro lado, reiteramos que a consideração de exemplos concretos é muito conveniente para familiarizar os alunos com estimativas reais. Determinar o trabalho nas situações propostas, ou em outras do dia-a-dia, como por exemplo, elevar uma pasta a uma altura dada, ou um elevador a um piso determinado, poderão contribuir também para compreender, mais adiante, a relação do trabalho com a energia potencial.

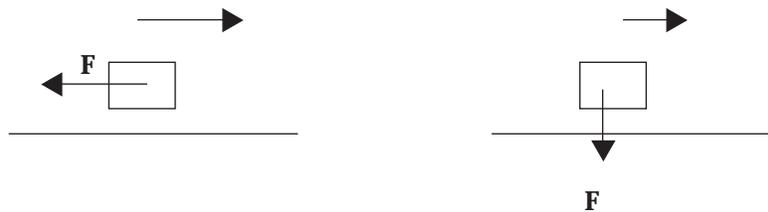
Assim que dispomos, ainda que a título de hipóteses, de uma definição operacional para o conceito de *trabalho*, passaremos a utilizá-la em algumas situações concretas com o fim de aprofundar o seu significado e a sua validade.

A.19. *Em ocasiões, a força que actua sobre um corpo não tem a direcção do deslocamento. Considerem alguns aspectos em que isso aconteça e discutam se a definição operacional de trabalho introduzida é válida nesses casos ou se deve ser modificada.*

Comentários A.19. Com esta actividade pretende-se favorecer a generalização do conceito de trabalho. Há que prestar particular atenção à confusão relativamente frequente que consiste em supor que uma força “faz mais trabalho” se não actua na direcção do deslocamento.

Convém, além disso, utilizar distintas formas para expressar o trabalho (fundamentalmente em função das forças tangenciais F_t ou fazendo aparecer o co-seno) o que ajudará, sem dúvida, a aprofundar o significado deste conceito. E pode ser conveniente contemplar as situações em que a força varia (pelo menos para fixar o campo de validade das expressões introduzidas).

A.20. *Calculem o trabalho realizado pela força F sobre os objectos representados na figura, considerando que a grandeza da força é de 10 N e o deslocamento de 2 m. Interpretem os resultados.*



Comentários A.20. Esta actividade produz algumas discussões interessantes em torno de questões como, “Faz sentido um trabalho negativo?” ou “Como pode ir o corpo para a frente se a força actua para atrás?”, que revelam o peso das preconcepções que associam força e movimento.

A.21. *Uma menina arrasta um trenó com uma corda que forma um ângulo de 30° com a vertical. Se a tensão da corda é de 50 N, quanto trabalho realizará quando o deslocar de 8 m?*

Comentários A.21. Com a finalidade de prosseguir aprofundando o conceito de trabalho, pode resultar interessante a realização de uma actividade como a que se propõe. Neste caso, é necessário conhecer, a partir do ângulo que forma a corda, o valor da componente da força na direcção do movimento do trenó para poder calcular o trabalho realizado. Por sua vez, se o professor o considerar adequado, pode permitir que se discuta o valor da força de atrito e também da força normal que exerce a Terra sobre o objecto, que neste caso não é equivalente ao peso, devido ao facto de existir uma componente da tensão da corda na direcção vertical que, em conjunto com a normal, equilibram o peso do trenó. Contribui-se assim para contrariar a fixação funcional que conduz a atribuir, sistematicamente, à força normal o peso do objecto.

Quando se fala de trabalho não podemos ignorar que a sua realização está associada, em demasiadas ocasiões, a situações de exploração que atentam contra direitos fundamentais. Este é o caso, por exemplo, do trabalho infantil. Merece a pena, pois, incluir alguma actividade que nos permita debater esta questão.

A.22. *Em alguns países as crianças continuam a ser utilizadas como mão-de-obra barata para trabalhos que exigem uma escassa qualificação como por exemplo, pôr tijolos a secar. Suponha que nesta tarefa as crianças devem levantar tijolos de 3kg e colocá-los em plataformas situadas a 60cm de altura. Quanto trabalho será realizado por dia por uma criança que levanta uma média de 5 tijolos/minuto durante 14 horas? Comente os resultados.*

Comentários A.22. O comentário que interessa não está relacionado, obviamente, com a quantidade de joules que proporcionam os cálculos. Na realidade, supõe-se que esta actividade chame a atenção para o facto real de que em numerosos países se estão utilizando as crianças como mão-de-obra barata, quase em condições de escravatura (pode utilizar-se informação da UNICEF a este respeito). Trata-se de um tema relevante, que permite abordar a questão do *direito* de todas as crianças a uma educação adequada. Isto é algo a que já fizemos referência no capítulo 1 deste livro, e que merece a pena discutir com os estudantes, que muitas vezes não se consciencializam que, hoje em dia, há milhões de crianças não escolarizadas, obrigadas a realizar trabalhos deste tipo ou a se prostituírem e a se ligarem ao mundo da droga. Convém igualmente recordar que, segundo dados das Nações Unidas, bastaria uma percentagem inferior a três por cento do que se gasta mundialmente por ano para resolver este problema (Vilches e Gil-Pérez, 2003).

A.23. Lançamos um objecto de 2kg para o ar, sobe 5 m e depois cai. Calcula o trabalho realizado pela força de gravidade sobre o objecto na subida, na descida e no trajecto total.

Arrastamos agora o mesmo corpo, vencendo uma força de atrito de 2N, deslocando-o 5 m com velocidade constante e regressando ao ponto de origem. Calculem, como no caso anterior, o trabalho realizado pela força de atrito na viagem de ida, de volta e no trajecto total. Interpretem os resultados obtidos em ambas as situações.

Comentários A.23. Esta actividade permite referir-se à ideia de *forças conservativas* (aquelas que, como acontece no caso da gravidade, o trabalho total que realizam sobre um corpo, numa trajectória fechada, é nulo e *independente do caminho seguido*) e *não conservativas* (como o atrito). Trata-se de conceitos que serão de grande utilidade para abordar posteriormente as relações trabalho/energia.

Até aqui temos determinado o trabalho realizado sobre um sistema por uma força única. Vamos, seguidamente, enfrentar situações nas quais interessa calcular o trabalho realizado por cada uma das forças que actuam, assim como o que é devido à força resultante.

A.24. Duas pessoas puxam um objecto com forças de 350N e 200N na mesma direcção, mas em sentidos opostos. Calculem o trabalho realizado sobre o objecto por cada uma delas, assim como o total, quando se tiver deslocado 5 m no sentido da força de 350N.

A.25. Elevamos um objecto de 15kg a 20 m através de uma força vertical igual ao seu peso. Calculem o trabalho realizado sobre o objecto: a) pela força de gravidade (força conservativa, interior do sistema formado pelo objecto e a Terra); b) pela pessoa (força exterior ao sistema); c) o trabalho total. Interpretem os resultados.

Comentários A.24 e A.25. A primeira actividade permite constatar que o trabalho total, quando actuam várias forças sobre um objecto, é a soma dos trabalhos realizados por cada força separadamente, embora o possamos calcular a partir da força resultante. A segunda permite introduzir e diferenciar os conceitos de trabalho interior, W_{int} (trabalho das forças interiores do sistema), trabalho exterior, W_{ext} (trabalho das forças exteriores) e trabalho resultante, W_{res} . Trata-se de uma distinção absolutamente necessária, como se verá mais adiante, para a correcta compreensão das relações trabalho/energia.

A.26. Sobe-se um barril para um camião, desde o solo. Considerem qualitativamente quando se realiza mais trabalho: ao levantar directamente o barril ou ao utilizar uma rampa.

Comentários A.26. Nesta actividade os alunos respondem habitualmente que se faz menos trabalho subindo o barril pelo plano inclinado, com o que se evidencia a confusão trabalho/esforço e pode-se insistir assim, de novo, no conceito qualitativo de trabalho (Acaso a transformação alcançada não foi a mesma?) e no erro de considerar a variação de um único factor (“menos força menos trabalho”) esquecendo o outro (o deslocamento foi maior). É simples calcular o trabalho realizado por ambos os caminhos (mgh , nos dois casos), o que permite de novo confirmar que o trabalho realizado, quando se trata de forças conservativas, é independente do caminho ou trajectória seguida e só depende das posições inicial e final.

A.27. *Realizem as considerações qualitativas pertinentes sobre o trabalho realizado durante o girar da Lua em volta da Terra.*

Comentários A.27. Esta actividade é introduzida para, uma vez mais, afirmar a relação qualitativa trabalho/energia (que obviamente não varia durante o girar da Lua) e, ao mesmo tempo insistir que se as forças são perpendiculares à trajectória, estas não realizam trabalho.

Em muitas ocasiões da vida quotidiana não interessa tanto o trabalho, mas sim a rapidez com que este é realizado. Abordaremos esta questão nas seguintes actividades:

A.28. *Proponham uma definição operacional de uma grandeza que meça a maior ou menor rapidez com que é realizado o trabalho.*

Comentários A.28. A maior parte dos grupos parte da ideia de que, por exemplo, uma máquina eficaz é a que realiza muito trabalho em pouco tempo, o que conduz directamente a introduzir, de uma maneira significativa, a relação W/t , ou seja, a rapidez na realização do trabalho, como medida da potência. Convém assinalar, no entanto, que se trata de uma proposta que deixa de lado o aspecto “qualidade”, ou seja, supõe-se que o produto obtido é o mesmo, independentemente da rapidez com que se elabora.

A.29. *Definam a unidade, no SI, da grandeza introduzida.*

A.30. *Dêem estimativas aproximadas do valor da potência para algumas situações reais (motor de elevador, pessoa subindo uma escada,...).*

A.31. *O joule é uma unidade de trabalho muito pequena, pelo que se utilizam outras maiores, como, muito particularmente, o kWh. Dêem uma definição da mesma e calculem a sua equivalência com o joule.*

A.32. *Que vantagens e inconvenientes um automóvel de maior potência pode apresentar face a outro de menor potência?*

A.33. *Estimem o consumo energético de um mês nas vossas casas. Sugiram igualmente como se poderia reduzir tal consumo.*

Comentários A.29, A.30, A.31, A.32 e A.33. Com estas actividades pretende-se aprofundar o conceito de potência e a sua relação com o trabalho. Em primeiro lugar, dando um sentido físico à sua unidade, e habituando os estudantes a estimar ordens de grandeza no caso da potência de máquinas conhecidas pela sua utilização na vida quotidiana. A **A.31** trata de enfrentar o erro frequente de pensar que o kWh é uma unidade de potência, determinando, por sua vez, a sua relação com o joule. A **A.32** permite um debate em torno do tema da potência dos veículos que, se bem que apresentam a vantagem de realizar a mesma transformação em menos tempo, (por exemplo numa ultrapassagem, no travar perante um obstáculo ou qualquer imprevisto), o que aumenta a segurança, e tem o inconveniente de um maior consumo (e perigo de acidentes, se se conduz a grandes velocidades). Esta discussão, junto com a que se propõe na actividade seguinte, permite abordar o tema do consumo energético, do hiper-consumo nos países desenvolvidos, da contaminação ambiental que provocam, e dos problemas que o seu esgotamento trará para as futuras gerações, pela impossibilidade de obtenção de matérias-primas a partir do petróleo, assim como pelas desigualdades que subsistem na distribuição do consumo de energia no mundo (Vilches e Gil-Pérez, 2003), etc. Estes são aspectos que serão abordados com maior profundidade na unidade dedicada às fontes de energia; contudo, importa que sejam tratados sempre que seja possível.

2.2. Aprofundamento do conceito de energia. Criação de expressões para o seu tratamento quantitativo

Até aqui temos introduzido uma ideia qualitativa de energia como capacidade para realizar trabalho, e sugeriu-se, a modo de conjectura ainda muito imprecisa, uma relação entre trabalho e variação de energia, $W = \Delta E$. Sabemos, no entanto, (ver actividade **A. 25**) que podemos falar de distintos tipos de trabalho: o realizado pelas forças exteriores, o realizado pelas forças interiores e o realizado pela força resultante. Por outro lado, podemos interessar-nos pelas variações de energia cinética, de energia potencial ou da energia total. A expressão $W = \Delta E$ deve, pois, ser definida segundo as situações abordadas. Este é o objectivo das actividades que se seguem:

A.34. Admitindo que ΔE represente a variação de energia total de um sistema físico, que significado se teria de dar — sempre a título de hipótese — a W na relação $W = \Delta E$?

- a) o trabalho das forças exteriores ao sistema;
- b) o trabalho das forças interiores conservativas;
- c) o trabalho da força resultante.

Raciocinem qualitativamente na resposta a partir de algum exemplo concreto, como por exemplo, levantar um corpo puxando-o para cima com uma força igual ao seu peso.

A.35. Consideremos algumas situações como as seguintes:

- levantar um objecto;
- aproximar dois corpos eletrizados com cargas do mesmo sinal;
- esticar um arco.

Como é a variação de energia potencial em cada um destes casos? (indiquem se aumenta ou diminui). E o trabalho realizado pela força interior do sistema? (indiquem se é positivo ou negativo).

Que ocorre com a energia potencial, quando deixamos cair o corpo, largamos o arco, etc.? Como é agora o trabalho das forças do sistema?

Partindo destes exemplos estabeleçam, a título de hipótese, a relação entre o trabalho realizado pelas forças interiores (gravitacional, eléctricas ou elásticas) e a variação de energia potencial associada ao sistema.

A.36. Lembrem-se que força há que considerar para determinar as mudanças de movimento de um corpo. Segundo isso, que trabalho (interior, exterior ou resultante) terá de ser relacionado com as variações da energia cinética? Expressem essa relação como uma hipótese.

A.37. Utilizem as relações trabalho/energia concebidas nas actividades anteriores e o facto de que, logicamente, o trabalho resultante deve ser a soma do interior mais o exterior para obter a variação da energia total em função das variações da energia potencial e da cinética.

Comentários A.34, A.35, A.36 e A.37. As relações trabalho/energia não se apresentam habitualmente com clareza nem sequer em muitos textos universitários. Não obstante, as actividades propostas permitem aos alunos perceber, em primeiro lugar, que a variação de energia total que experimenta um sistema deve relacionar-se com as acções exteriores ($W_{\text{ext}} = \Delta E_T$); que, por outro lado, quando as forças conservativas de um sistema actuam “livremente” (ou seja, quando o

W_{int} é positivo) se produz uma diminuição da energia potencial, o que se pode expressar $W_{\text{int}} = -\Delta E_p$; por último, partindo do facto de que as mudanças de velocidade estão relacionadas com a força resultante, os alunos podem estabelecer, sempre a título de hipótese, que $W_{\text{res}} = \Delta E_c$. Chamamos a atenção para o facto que nem todas as forças interiores de um sistema são conservativas, mas a expressão $W_{\text{int}} = -\Delta E_p$ corresponde unicamente, obviamente, a forças interiores que sejam conservativas.

A actividade **A.37.** mostra a coerência das três relações trabalho/energia introduzidas, o que supõe um indubitável apoio à sua validade (pensemos que foram introduzidas como hipóteses independentes). Mas uma vez mais há que insistir em que só a coerência de todo o edifício teórico desenvolvido e a sua adequação para prever e dar conta dos factos podem validar as definições introduzidas e as relações hipotéticas.

Até aqui, temos introduzido de forma intuitiva as relações entre o trabalho realizado e as variações de energia que têm lugar. Seguidamente aprofundaremos estes conceitos e relações, passando a um tratamento quantitativo e esclarecendo a sua validade na resolução dos problemas práticos.

A.38. *Indiquem, a título de hipótese, de que factores dependerá a energia cinética de um objecto que está em movimento em relação a outros, e com os quais pode chocar. Assinalem igualmente alguns exemplos do interesse que pode ter conhecer e controlar esta forma de energia.*

A.39. *Utilizem a relação $\Delta E_c = W_{\text{res}}$ para obter uma expressão para a energia cinética de um objecto em função dos factores dos quais se considera dependente (expressando o trabalho em função destes factores).*

Comentários A.38 e A.39. No que se refere ao interesse de conhecer e controlar a energia cinética, os estudantes fazem referência aos moinhos de vento e hidráulicos, aos aríetes, etc., assim como ao poder destruidor dos projecteis ou choques de veículos. Também lhes é fácil mostrar, apoiando-se em observações qualitativas, a influência da massa e da velocidade na energia cinética. Isso permite orientar o trabalho solicitado em **A.37.**: tenta-se utilizar a relação $W_{\text{res}} = \Delta E_c$ desenvolvendo W_{res} até que fique em função da massa e das velocidades inicial e final. Assim, se supusermos que a força resultante é constante, os estudantes podem realizar tal desenvolvimento de forma muito elementar, escrevendo o trabalho como o produto da força pela distância, a força como o produto da massa pela aceleração, a aceleração como $\Delta v/\Delta t$ e ter em conta, finalmente, que $d/\Delta t$ é a velocidade média, $(v_2 + v_1)/2$. Conseguem assim que tudo apareça em função de m , v_2 e v_1 :

$$\Delta E_c = W_{\text{res}} = F_{\text{res}} \cdot d = m(\Delta v / \Delta t) \cdot d = m(v_2 - v_1) \cdot d / \Delta t = m(v_2 - v_1) \cdot v_m = m(v_2 - v_1) \cdot (v_2 + v_1) / 2$$

o que conduz à conhecida expressão $\Delta E_c = 1/2mv_f^2 - 1/2mv_i^2$. Como vemos, de-linear actividades de pensamento divergente, nas quais os estudantes devem enunciar hipóteses e pô-las à prova, é relativamente simples e extraordinariamente útil para tornar possível uma aprendizagem significativa, o que torna ainda mais inexplicável a sua quase ausência dos textos habituais.

É importante insistir que, embora se fale da “energia cinética de um objecto”, esta energia expressa a capacidade de um sistema de objectos para produzir e experimentar mudanças, precisamente porque uns se deslocam em *relação a outros* e se podem produzir choques entre eles.

Convém fazer notar que não é possível determinar o valor absoluto da energia de um sistema; só podemos determinar as suas variações quando ocorre um determinado *processo*, daí que sempre apareçam variações de energia ΔE .

A.40. *Sobre um corpo de 60 kg, inicialmente em repouso, actua uma força de 300 N ao longo de 10 m. Que velocidade adquirirá?*

Comentários A.40. Trata-se de um simples exercício que permite mostrar que a utilização da expressão $W_{\text{res}} = \Delta E_c$ (sendo $\Delta E_c = 1/2mv_f^2$ se o corpo parte do repouso) conduz ao mesmo resultado (10 m/s) que se obtém determinando a aceleração e aplicando as equações da cinemática. Exercícios como este convertem-se em apoios da validação das relações trabalho/energia cinética introduzidas a título de hipótese. Dedicaremos, por isso, uma secção a mostrar a validade do conjunto de conhecimentos introduzidos, assim como o interesse prático da sua utilização.

A.41. *Que consequências pode ter, em caso de choque, que a massa de um automóvel seja o dobro? E em relação à velocidade?*

Comentários A.41. Uma pequena discussão a este respeito permite compreender que as possibilidades de destruição duplicam no caso de duplicar a massa e quadruplicam se se duplicar a velocidade. Pode-se dar entrada assim a questões de educação na estrada, justificando as limitações de velocidade ou do número de passageiros, que inclui o código de circulação.

Pretendemos agora obter uma expressão operacional para as variações de energia potencial, centrando-nos aqui, unicamente, na energia potencial gravitacional do sistema constituído pela terra e um objecto situado nas suas proximidades.

A.42. *Indiquem os factores que podemos esperar que influam na energia potencial gravitacional de um sistema objecto/Terra, quando o objecto se encontra a uma certa altura da superfície terrestre. Assinalem igualmente alguns exemplos do interesse que pode ter conhecer e controlar esta forma de energia.*

A.43. *Concebam uma estratégia para obter a expressão das variações da energia potencial gravitacional em função das variáveis consideradas na actividade anterior. Resolvam o problema proposto e analisem o resultado obtido.*

Comentários A.42. e A.43. Os exemplos relativos ao interesse da energia potencial mencionados pelos estudantes (cascatas de água, martelo levantado...) reportam-se, obviamente, à energia cinética, quando tentam explicar a sua capacidade transformadora. Isso pode ser aproveitado para insistir que isso é o que acontece com toda a energia potencial ou “armazenada”. O específico desta forma de energia é, precisamente, a possibilidade de a “armazenar”, como fazemos com a água de uma presa, para pô-la em movimento quando nos interessa, abrindo uma comporta e deixando sair a água a grande velocidade. Trata-se, como temos visto, de aspectos que vêm associados à existência de forças conservativas. Com respeito à formulação de hipóteses, os estudantes assinalam adequadamente, apoiando-se em observações qualitativas, a possível influência da massa do corpo e da altura em que se encontra. A intensidade do campo gravitacional g indicia, no entanto, algumas dificuldades (entre outras razões, porque os estudantes não tem vivências directas de situações em que essa intensidade varie), mas uma pequena reflexão permite intuir que sem gravidade o corpo não cairia, nem se poderia falar de energia potencial, o que conduz à incorporação de g como outro factor do qual dependeria a energia potencial gravitacional. Pode acontecer que os estudantes proponham, directamente, a dependência com o peso, se se estudou a ideia de força conservativa, mas é conveniente realizar a separação de variáveis para poder analisar a influência tanto da massa como da intensidade do campo gravitacional.

A actividade **A.43.** pretende que os próprios alunos pensem na relação $W_{\text{int}} = -\Delta E_p$ como estratégia para obter a variação de energia potencial gravitacional (considerando, por exemplo, a queda de um corpo desde uma altura h_1 a uma altura h_2 , e expressando o trabalho da força gravitacional em função de m , g , e a variação de h . Esta actividade pode tornar-se mais explícita (e mais simples), se se considerar necessário, pedindo directamente que apliquem a relação $W_{\text{int}} = -\Delta E_p$ para obter a variação de energia potencial gravitacional.

A.44. *Lemos no enunciado de um problema que “a energia potencial gravitacional de um objecto que se encontra a 10 m de altura é de 100 J”. Que podemos pensar da referida afirmação?*

Comentários A.44. Com esta actividade pretendemos que os estudantes reflectam uma vez mais, sobre o carácter sistémico e relativo da energia: os 100 j indicam o *incremento* de energia potencial gravitacional que sofre o sistema Terra-Objecto quando elevamos a 10 m este objecto sobre a superfície terrestre (ou a sua diminuição quando o objecto desce os 10 m).

O carácter relativo dos valores da energia (*mas absoluto das variações*) pode tornar-se mais evidente através de uma actividade como a seguinte:

A.45. *Um corpo de 5 kg encontra-se a 2 m do chão de uma habitação que, por sua vez, está a 15 m, em relação à rua. Calculem a energia potencial em relação ao chão da habitação e ao solo da rua. Larga-se agora o corpo e cai até ao chão da habitação. Calculem a variação de energia potencial utilizando como sistemas de referência o chão da habitação e a rua. Comentem os resultados.*

Comentários A. 45. Os cálculos realizados nesta actividade permitem aos alunos constatar o carácter relativo das energias potenciais (no que diz respeito ao nível tomado como origem de alturas) e ao carácter absoluto das variações. Pode pensar-se numa actividade semelhante para as energias cinéticas.

2.3. Pondo à prova os conhecimentos construídos

Até aqui temo-nos ocupado, basicamente, de introduzir por fases os conceitos de trabalho e de energia e as suas relações para aprofundar o estudo das transformações. Mas, até que ponto tais conceitos e relações são úteis? Antes de prosseguir, necessitamos ter a certeza que os conhecimentos construídos funcionam adequadamente. Uma forma de os pôr à prova consiste em utilizá-los para resolver problemas que podemos solucionar também a partir da cinemática e da dinâmica, e ver se proporcionam os mesmos resultados. Propomos, pois, a resolução dos problemas que seguem utilizando tanto as relações trabalho-energia como a estratégia cinemático-dinâmica.

A.46. *Lança-se para cima um objecto. Até que altura chegará?*

A.47. *Conseguirá parar um automóvel antes de chegar à passadeira de peões, ao aperceber-se que o semáforo ficou vermelho?*

A.48. *Desde uma altura de 50 cm largamos um objecto situado num plano inclinado de 30° com a horizontal. O coeficiente de atrito entre o objecto e a superfície é de 0,2. Determinem a velocidade com que chegará ao solo.*

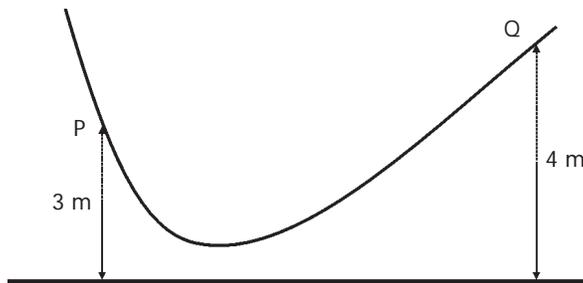
A.49. *Dispara-se um projectil contra um muro. A que distância penetrará?*

A.50. *Com o propósito de subir um barril de 150 kg a um camião, utilizamos uma rampa de 3 m de comprimento e 1,5 m de altura. Determinem a força que temos de aplicar.*

Comentários A.46 a A.50. Todos estes problemas podem ser resolvidos cinemática e dinamicamente, além de que se poderem aplicar as relações trabalho/energia que se introduziram. A identidade dos resultados obtidos, por ambos os caminhos, converte-se assim numa verificação da validade das referidas relações, que possibilitam, além disso, estratégias mais directas e cómodas para obter alguns dos resultados procurados nestes problemas. É algo em que convém insistir porque numerosos investigadores têm assinalado a tendência dos estudantes a não utilizarem as abordagens energéticas e a limitarem-se sistematicamente às abordagens dinâmicas e cinemáticas quando resolvem problemas de movimentos (Driver e Warrington, 1985; McDermott, 1993; Doménech et al., 2003). Por outro lado, a expressão $\Delta E_T = W_{\text{ext}}$, que se converte em $\Delta E_c + \Delta E_p = 0$, quando não há acções exteriores sobre o sistema, não só permite resolver com muita facilidade situações como a exposta, por exemplo, na actividade A.44., tornando mesmo possível a resolução de outras situações mais complexas, dificilmente abordáveis cinemática e dinamicamente, como algumas das que incluímos seguidamente. Convém, por tudo isto, fazer reflectir os estudantes sobre o interesse deste duplo enfoque.

Queremos salientar, por outro lado, que estes problemas se podem expor — e convém fazê-lo! — de forma aberta, sem incluir dados que induzam a tratamentos meramente operacionais desde o início, tal como se mostra nos enunciados das actividades 46, 47 e 49. Não obstante, os alunos devem chegar a utilizar as estratégias de investigação ainda que o enunciado esteja dado na forma habitual, deixando de lado, inicialmente, os dados fornecidos (Gil-Pérez et al., 1991).

A.51 *A figura representa um troço de uma montanha russa. Que velocidade mínima terá que levar um vagão em P para que ultrapasse o ponto Q? Com que velocidade chegará a Q, se em P vai a 12 m/s? (consideraremos que o atrito do vagão com o solo e com o ar é insignificante)*



A.52. *Um pêndulo simples é formado por uma bolinha pendurada por uma corda de massa desprezável de 1 m de comprimento. Deslocamos lateralmente a bolinha, para que a corda forme um ângulo de 10° com a vertical, e lançamo-la com uma velocidade de 2m/s. Determinem a altura máxima que alcançará.*

A.53. *Desde que altura de um plano inclinado de 30° , temos de largar um objecto se queremos que dê uma volta a um arco de 20 cm de raio situado no fim do plano?*

A.54. *Queremos elevar objectos de 140 kg até uma altura de 15 m. Determinem a potência do motor que teremos de utilizar se desejamos que o faça em 15 s.*

A.55. *Os resultados obtidos nas actividades propostas neste ponto mostram que podemos enfrentar o estudo dos movimentos de duas formas diferentes: utilizando as equações da dinâmica e da cinemática, e também utilizando os conceitos de trabalho e de energia. Expresssem a vossa opinião sobre as possíveis vantagens e inconvenientes destas duas perspectivas.*

Temo-nos referido até aqui à utilidade dos novos conceitos de trabalho e energia e às suas relações, no tratamento de uma série de situações, tanto numéricas (cálculo de velocidades, posições, etc.) como práticas (realização de transformações aproveitando a energia cinética associada ao movimento do vento ou às cascatas de água, etc.). Esta manifesta fecundidade não exclui, no entanto, alguns pontos escuros, como o que ocorre com a energia, ou seja, com a capacidade de um sistema para transformar a matéria, quando aquelas transformações têm lugar. Passamos a ocupar-nos, seguidamente, desta importante questão.

3. Recapitulação e perspectivas: que ocorre com a energia quando um sistema experimenta mudanças?

A.56. *Elaborem um breve relatório no qual se recolha, de maneira resumida, o que foi abordado ao longo do tema e as possíveis perspectivas.*

Comentários A.56. Com esta actividade de recapitulação pretende-se, em primeiro lugar, ajudar os estudantes a ter uma visão global do trabalho realizado. Podemos lembrar assim que o objectivo pretendido foi aprofundar o estudo das mudanças e que, para melhor as descrever e interpretar, fomos introduzindo por fases os conceitos de trabalho e de energia e estabelecendo relações que se mostraram frutíferas para o estudo das mudanças mecânicas, nas quais temos centrado a atenção até aqui. Mas a actividade pretende também mostrar as dificuldades e aspectos que merecem maior clarificação. Os estudantes podem expressar assim

as suas dúvidas sobre o que ocorre com a energia associada às transformações, expor a questão de como obter a energia que se precisa, e por que não fazemos referência ao calor, que aparece como um importante agente produtor de mudanças, etc. Todas estas são questões que convém transformar em perspectivas:

A.57. *Exponham e debatam as vossas ideias, intuições e dúvidas sobre o que ocorre com a energia de um sistema quando este sofre mudanças.*

Comentário final. A discussão propiciada com esta actividade leva a fazer referência às transformações de umas formas de energia noutras (potencial em cinética e vice-versa). Tais transformações parecem sugerir, em alguns casos, a ideia de conservação (como acontece *inicialmente* na oscilação de um pêndulo ou na vibração de uma mola), mas que aparentemente terminam com o desaparecimento de qualquer forma de energia (o pêndulo termina parando).

Embora muitos alunos deste nível tenham já estudado e recordem o “Princípio de conservação da energia”, com frequência eles não sabem explicar o que se passou com a energia inicial do pêndulo, da mola, de uma bola que cai e ressalta cada vez a uma altura menor... até permanecer em repouso no solo. Em qualquer caso, é preciso assinalar que esta intuição de que a energia *parece* conservar-se em algumas situações, mas acaba sistematicamente por se *esgotar*, responde a um problema histórico cuja solução viria, paradoxalmente, do surgimento de outras dificuldades num campo cuja enorme utilidade para produzir mudanças se conhece desde as origens da humanidade, o do calor, mas aparentemente sem ligação com o das forças e os movimentos. Podemos terminar assim este primeiro tema de estudo da energia remetendo-nos ao estudo do calor.

Como sabemos, não foi possível a plena compreensão do conceito de energia, nem o estabelecimento do “Princípio de conservação e transformação” (*acompanhada de degradação*), até se ultrapassarem as dificuldades expostas no estudo do calor (Doménech et al., 2003). De facto, ao aprofundar os conceitos de energia, trabalho e calor, estes potenciaram-se mutuamente e confluíram com os avanços da teoria corpuscular.

O tema que finalizamos aqui liga-se, pois, com o do estudo do calor e conduz à síntese do mesmo com a mecânica — dois campos, insistimos, que eram considerados absolutamente desligados — dando lugar assim a avanços e desafios CTSA da maior importância, que não podemos incluir neste livro, por razões de espaço.

Referências bibliográficas neste capítulo 6

DRIVER, R. e WARRINGTON, L. (1985). Students use of the principle of energy conservation in problem situation. *Physics Education*, 20, 171-176.

- DOMÉNECH, J. L., GIL-PÉREZ, D., GRAS, A., GUIASOLA, J., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., SALINAS, J., TRUMPER, R. e VALDÉS, P. (2003). La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para un replanteamiento global. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 20(4), 285-311.
- DOMÉNECH, J. L., GIL-PÉREZ, D., MARTÍNEZ TORREGROSA, J. e VALDÉS, P. (2004). ¿Cómo profundizar en el estudio de los cambios que ocurren a nuestro alrededor?: introducción de los conceptos de energía y trabajo. Em Gil-Pérez, D., Martínez-Torregrosa, J., Sifredo C., Valdés, P. e Vilches, A. (Eds.), *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?* (UNESCO. No prelo). [6]
- DUIT, R. (1986). In search of an energy concept. En: *Energy matters*. Leeds: University of Leeds.
- GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J. FURIÓ, C. e MARTINEZ TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. ICE/Universidad de Barcelona. Barcelona: Horsori.
- KAPER, W. H. e GOEDHART, M. J. (2002). 'Forms of energy', an intermediary language on the road to thermodynamics? Part I. *International Journal of Science Education*, 24(1), 81-95.
- MALLINCKRODT, A. J. e LEFF, H. S. (1993). Stopping objects with zero external work: Mechanics meets thermodynamics. *American Journal of Physics*, 61(2), 121-127.
- MAXWELL, J. C. (1877). *Matter and motion*. Reedición de 1991. New York: Dover.
- McDERMOTT, L. C. (1993). Cómo enseñamos y cómo aprenden los estudiantes. ¿Un desajuste? (Primera parte). *Revista de Enseñanza de la Física*, 6(1), 19-32.
- OGBORN, J. (1986). Energy and fuel -the meaning of 'the go of things'. Em *Energy matters*. Leeds: University of Leeds.
- PINTÓ, R. (1991). Algunos aspectos implícitos en la primera y segunda ley de la termodinámica: una aportación al estudio de las dificultades de su aprendizaje. Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- RESNICK, R., HALLIDAY, D. e KRANE, K. S. (1993). *Física*, v. 1. México: Compañía Editorial Continental.
- SEXL, R.U. (1981). Some observations concerning the teaching of the energy concept. *European Journal of Science Education*, 3(3), 285-289.
- TRUMPER, R. e GORSKY, P. (1993). Learning about energy: the influence of alternative frameworks, cognitive levels, and closed-mindedness. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (7), 637-748.
- VILCHES, A. e GIL-PÉREZ, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*. Madrid: Cambridge University Press.
- WARREN, J. W. (1982). The nature of energy. *European Journal of Science Education*, 4(3), 295-297.

Capítulo 7*

A ATENÇÃO À SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA PLANETÁRIA: UM PROGRAMA DE ACTIVIDADES DIRIGIDO AOS DOCENTES

Uma dimensão esquecida

Até à segunda metade do século XX, o nosso planeta parecia imenso, praticamente sem limites e os efeitos das actividades humanas ficavam localmente compartimentados (Fien, 1995). Mas essas fronteiras começaram a diluir-se durante as últimas décadas e muitos problemas adquiriram um carácter global que converteu “a situação do mundo” em objecto de preocupação (Meadows et al., 1972). Isso levou à criação de instituições internacionais como o *Worldwatch Institute*, cujos trabalhos fornecem, ano após ano, uma visão bastante sombria — mas, infelizmente, bem documentada — da situação do nosso planeta (Brown et al., 1984-2004). Segundo Giddens (2000), “Há fortes e objectivas razões para pensar que vivemos um período crucial de transição histórica. Além disso, as mudanças que nos afectam não se reduzem a uma zona concreta do globo, mas estendem-se praticamente a todo o lado”.

* Este capítulo teve por base o seguinte trabalho: GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., EDWARDS, M., PRAIA, J., VALDÉS, P., VITAL, M. L., TRICÁRICO, H. e RUEDA, C. (2003). A Educação Científica e a Situação do Mundo: um programa de actividades dirigido a professores. *Ciência & Educação*, 9 (1), 123-146.

A situação é de tal maneira preocupante que, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992, foi exigida uma acção decidida dos educadores para que os cidadãos e cidadãs tomem consciência da situação e possam participar na tomada de decisões de uma forma fundamentada (Nações Unidas, 1992). Fazendo-se eco deste apelo, o *International Journal of Science Education* dedicou, em 1993, um número especial a “Ambiente e Educação” em cujo editorial (Gayford, 1993) se reconhecia a ausência de investigação didáctica neste campo.

O que se passa, uma década depois do Rio? Uma análise dos artigos publicados desde 1992 nas revistas internacionais mais importantes no campo da didáctica das ciências (Edwards, 2000), mostra uma ausência quase absoluta de trabalhos sobre a situação do mundo, com contributos raros e parciais (Sáez e Riquarts, 1996; García, 1999; Anderson, 1999).

Como denuncia Orr (1995), “Em geral, continuamos a educar os jovens como se não houvesse uma emergência planetária”. No mesmo sentido, diversos autores lamentaram a pouca atenção prestada pela educação à preparação para o futuro (Hicks e Holden, 1995; Travé e Pozuelo, 1999; Anderson, 1999), assinalando que a maioria dos trabalhos sobre educação ambiental “se concentra exclusivamente nos problemas locais, sem se ocupar da globalidade” (González e De Alba, 1994). A esta mesma conclusão chegam Hicks e Holden (1995) referindo-se a uma recente análise de 25 anos de educação ambiental no Reino Unido. Com efeito, continua a negligenciar-se uma correcta “percepção global do estado do mundo” (Deléage e Hémerly, 1998). Curiosamente, esta falta de atenção à situação do mundo dá-se, frequentemente, também entre os que reclamam planos educativos globalizantes. Igualmente grave é o reducionismo que limitou a atenção da educação ambiental exclusivamente aos sistemas naturais, ignorando as estreitas relações existentes hoje em dia entre ambiente físico e factores sociais, culturais, políticos e económicos (Fien, 1995; García, 1999). Como afirma Daniella Tilbury (1995), “os problemas ambientais e do desenvolvimento não se devem exclusivamente a factores físicos e biológicos, mas deve ter-se em conta o papel dos factores estéticos, sociais, económicos, políticos, históricos e culturais”.

Por tudo isso reclama-se na *Agenda 21* (Nações Unidas, 1992) que *todas as áreas do currículo* contribuam para uma correcta percepção dos problemas globais que, hoje, a humanidade tem de enfrentar.

Convém dizer que não se trata, evidentemente, de cair no deprimente e ineficaz discurso de “no futuro será pior”. Como assinala Folch (1998), “A nossa existência pessoal quotidiana não será melhor se aumentarem as nossas

angústias. Não será o sofrimento a salvar-nos (...), mas a lucidez e a eficácia criadora”.

De facto, vários estudos têm mostrado que “os grupos de alunos a quem se havia dado mais informação sobre os riscos ambientais e sobre os problemas do planeta eram aqueles em que os estudantes se sentiam mais desconfiados, sem esperança, incapazes de pensar possíveis acções para o futuro” (Mayer, 1998). No mesmo sentido, Hicks e Holden (1995) afirmam: “Estudar exclusivamente os problemas provoca, na maioria dos casos, indignação e, na pior das hipóteses, falta de esperança”. Por isso, propõem que se incentive os estudantes a explorar “futuros alternativos” e a participar em acções que favoreçam tais alternativas (Tilbury, 1995; Mayer, 1998).

Trata-se, portanto, de fazer com que nós, os educadores — *qualquer que seja o nosso campo específico de trabalho* — contribuamos para tornar possível a participação cívica na busca de soluções. Acontece que uma séria dificuldade para que os docentes realizem essa tarefa resulta das nossas próprias percepções “espontâneas” sobre a situação do mundo serem, em general, fragmentadas e superficiais (Gil-Pérez, Gavidia e Furió, 1997; García, 1999) e incorrerem na mesma grave falta de compreensão da situação do planeta que se detecta na generalidade dos cidadãos, incluindo a maioria dos “líderes nacionais e internacionais nos campos da política, dos negócios ou da ciência” (Mayer, 1995).

Tudo faz pensar em grave dificuldade, para não falar de resistências mais ou menos inconscientes para ir mais além do mais próximo (espacial e temporalmente) e considerar as repercussões gerais dos nossos actos (Hicks e Holden, 1995; Brown, 1998). Uma dificuldade que afecta também, insistimos, os docentes, cuja preparação para o tratamento destes problemas aparece como “a prioridade das prioridades” (Fien, 1995).

Em vários trabalhos analisamos as percepções que os professores de ciências de diferentes países têm sobre a situação do mundo, com resultados que mostram, efectivamente, graves carências (Gil-Pérez et al., 2000; Praia, Gil-Pérez e Edwards, 2000...). No entanto, estamos convictos de que se se favorecer uma discussão globalizadora com um certo aprofundamento, apoiada em documentação fundamentada, podem obter-se percepções mais correctas e atitudes mais favoráveis dos professores e professoras para a inclusão desta problemática como objectivo da prática docente. Com esta finalidade, apresentaremos uma proposta de oficina dirigida a professores de ciências em formação e em exercício, para a análise dos problemas e desafios que a humanidade tem de enfrentar, que pressupõe uma actualização de materiais (Gil-Pérez et al., 2003a y b) que, como resultado de alguns ensaios promissores, temos submetido a uma cuida-

dosa revisão. Trata-se, pois, de uma proposta aberta que foi experimentada e que continuará a sofrer modificações e que pode adaptar-se às circunstâncias concretas do tempo disponível, da formação dos orientadores da oficina, etc.

Problemas com que se defronta hoje a humanidade

O nosso trabalho pretende ser um contributo para a necessária transformação das concepções dos professores sobre a situação do mundo, para que a habitual falta de atenção sobre o assunto se transforme numa atitude de intervenção consciente.

Apresentamos para isso uma proposta de oficina, perspectivada para favorecer a reflexão colectiva de grupos de professores (organizados em equipas de cinco elementos), seguindo um programa de actividades. Estas actividades são acompanhadas de comentários que explicitam os objectivos das mesmas, oferecem informação de apoio e apresentam alguns resultados qualitativos obtidos nos primeiros ensaios. Como ponto de partida da oficina propomos às equipas as seguintes actividades:

A. 1. *Enumere os problemas e desafios que, em sua opinião, a humanidade tem de enfrentar para encarar o futuro. Com esta reflexão colectiva pretendemos começar a construir uma visão, o mais completa e correcta possível, da situação existente e das medidas a adoptar a esse respeito.*

Comentários A.1. Quando se pede uma reflexão individual como a que se apresenta na actividade A.1. obtém-se, em general, como já mostrámos em alguns trabalhos (Gil-Pérez, Gavidia e Furió, 1997; Gil-Pérez et al., 2003a y b), visões muito fragmentadas, muitas vezes centradas exclusivamente nos problemas de poluição ambiental, esquecendo outros aspectos intimamente relacionados e igualmente relevantes (García, 1999).

Isso evidencia a falta generalizada de reflexão sobre estas questões e reforça a necessidade de motivar tal reflexão para se alcançar uma percepção correcta da situação do mundo e das medidas a adoptar a esse respeito. Isto é, precisamente, o que se pretende com esta oficina, respondendo aos projectos e pedidos explícitos de peritos e de organismos internacionais (Myers, 1987; Naciones Unidas, 1992; Gore, 1992; Sáez e Riquarts, 1996; Colborn, Myers e Dumanoski, 1997; Folch, 1998).

Se, pelo contrário, se propõe esta tarefa a equipas de professores, é de esperar — tal como aconteceu nas experiências realizadas — que os resultados sejam bastante mais positivos, uma vez que respondem a um certo debate que enriquece as

visões individuais. De facto, embora os contributos de cada equipa continuem a proporcionar visões redutoras, muito incompletas, o conjunto das contribuições das diferentes equipas consegue cobrir uma boa parte dos aspectos considerados pelos peritos (ainda que, claro está, com formulações menos elaboradas). Isso permite o apoio nas referidas contribuições para planejar o tratamento do conjunto de problemas e desafios aos quais a humanidade tem de fazer frente. Desta forma pode construir-se uma concepção preliminar da tarefa que actua como fio condutor para o desenvolvimento da oficina.

Após esta reflexão inicial, propomos a discussão em cada grupo, seguida da apresentação dos problemas recolhidos, comparando depois os diferentes contributos de cada professor com a informação de especialistas. Dividimos esta tarefa em várias partes, começando por uma análise da crescente degradação do planeta, as suas causas e medidas a adoptar.

1. A degradação da vida no planeta

Talvez o problema mais frequentemente assinalado quando se reflecte sobre a situação do mundo e as suas repercussões nas condições de vida dos humanos e muitas outras espécies, seja o da poluição ambiental e suas consequências.

A.2. É conveniente fazer-se um esforço para aprofundar o que se supõe ser esta poluição, enumerando as diferentes formas que se conheçam e as consequências que daí advêm.

Comentários A.2. Os contributos dos grupos em volta da poluição podem ser, repetimos, bastante ricos e chegam a assinalar, de acordo com os numerosos estudos realizados a esse respeito, que esta poluição ambiental hoje não conhece fronteiras e afecta todo o planeta (Comissão Mundial do Meio Ambiente e do Desenvolvimento, 1988; Abramovitz, 1998; Brown, 1998; Flavin e Dunn, 1999; Folch, 1998; Vilches e Gil-Pérez, 2003). No entanto, esses contributos referem-se indistintamente às formas de poluição e às suas consequências, pelo que convém ajudar a distingui-las, agrupando umas e outras. Como formas de poluição são frequentes as referências a:

- poluição do ar por aquecimento, transporte, produções industriais ...
- poluição das águas superficiais e subterrâneas pelos líquidos escorridos sem a separação de líquidos poluentes, de origem industrial, agrícola e urbana ...
- poluição dos solos por deposição de lixos, em particular de substâncias sólidas perigosas: radioactivas, metais pesados, plásticos não biodegradáveis ...
- para esta poluição de solos, águas e ar contribuem de forma notável os acidentes associados à produção, transporte e armazenamento de matérias perigosas (substâncias radioactivas, metais pesados, petróleo ...).

Por outro lado, importa determo-nos noutras formas de poluição, em geral menos referidas mas igualmente nocivas:

- poluição acústica — associada à actividade industrial, ao transporte e a uma inadequada planificação urbanística — causa de graves transtornos físicos e psíquicos;
- poluição “luminosa” que nas cidades afecta o repouso nocturno dos seres vivos;
- poluição electromagnética, cujo estudo se iniciou recentemente;
- poluição visual provocada, por exemplo, pelo abandono de resíduos nas cidades e na natureza, a ausência de preocupações estéticas das construções industriais e urbanas, etc.;
- poluição do espaço próximo da Terra com a chamada “sucata espacial” (cujas consequências podem ser funestas para a rede de comunicações que converteu o nosso planeta numa aldeia global), ...

Entre as consequências da poluição costuma mencionar-se a chuva ácida, o desenvolvimento do efeito de estufa, a destruição da camada de ozono, ... e, como consequência de tudo isso, a mudança global do clima.

Algumas das consequências da poluição que se mencionam têm a ver com a destruição dos recursos naturais. Assim, ao falar das chuvas ácidas faz-se referência, por exemplo, à destruição das florestas (o que provoca, por sua vez, o aumento do efeito de estufa). Verifica-se assim a estreita ligação dos problemas e dá-se prioridade ao tratamento da questão do esgotamento dos recursos naturais:

Associado ao problema da poluição é conveniente fazer-se referência à destruição e ao esgotamento dos recursos naturais. Mas convém também abordar mais detalhadamente as implicações desse desaparecimento de recursos:

A.3. Indique quais são, na sua opinião, os recursos cujo desaparecimento é mais preocupante.

Comentários A.3. Entre os recursos naturais cujo esgotamento é mais preocupante na actualidade (Brown, 1993 e 1998; Folch, 1998; Deléage e Hémerly, 1998), os professores mencionam as fontes fósseis de energia e as jazidas minerais, mas frequentemente esquecem a grave e acelerada perda da camada fértil dos solos ou dos recursos de água doce (águas subterrâneas salinizadas por sobreexploração, etc.).

Esta problemática da poluição ambiental e do esgotamento dos recursos vê-se particularmente agravada pelo actual processo de urbanização que, em poucas décadas, viu multiplicado o número e o tamanho das grandes cidades.

A.4. Apresente algumas das razões pelas quais pode ser preocupante este crescimento das cidades.

Comentários A.4. Este é um aspecto que inicialmente é tido muito menos em consideração pelos professores. Convém, pois, comentar as razões pelas quais hoje é preocupante o crescimento urbano, muitas vezes desordenado e associado a uma perda de qualidade de vida (Comissão Mundial do Meio Ambiente e do Desenvolvimento, 1988; O'Meara, 1999; Vilches e Gil-Pérez, 2003):

- o problema dos resíduos produzidos e os seus efeitos poluidores em solos e águas.
- os focos de grande poluição atmosférica e acústica (provocados pela densidade do tráfego, pelo aquecimento, etc.) com as respectivas consequências de doenças respiratórias, *stress*, ...
- a destruição de terrenos agrícolas.
- a especulação e a falta de planeamento que conduzem ao crescimento desordenado (com construções “ilegais” sem as infra-estruturas necessárias), ao uso de materiais inadequados, à ocupação de zonas de risco vulneráveis a catástrofes naturais, ...
- o aumento dos tempos de deslocação e da quantidade de energia necessária para o efeito.
- o divórcio com a natureza.
- os problemas de marginalização e de insegurança dos cidadãos, que aumentam com a dimensão das cidades, ...

Tal como conclui Folch (1998), “Os núcleos populacionais de reduzidas dimensões não têm a massa crítica necessária para oferecer os serviços desejáveis, mas as demasiado grandes não os oferecem melhores, apesar de serem mais dispendiosos, ...”.

Os problemas mencionados até aqui— poluição ambiental, urbanização desordenada e esgotamento de recursos naturais — estão estreitamente relacionados (Comissão Mundial do Meio Ambiente e do Desenvolvimento, 1988) e provocam a degradação da vida no planeta.

A.5. Convém perceber melhor em que consiste essa degradação, indicando os seus aspectos mais preocupantes.

Comentários A.5. Como exemplos de degradação do planeta (Comissão Mundial do Meio Ambiente e do Desenvolvimento, 1988; Folch, 1998; McGinn, 1998; Tuxill e Bright, 1998...) é preciso mencionar, em primeiro lugar, a destruição da flora e da fauna, com o crescente desaparecimento de espécies e de ecossistemas (“fragmentação” e destruição de matas e de floresta, ...) que ameaça a biodiversidade

(Tuxill, 1999) e, definitivamente, a continuidade da espécie humana no planeta. As provas sobre a perda de biodiversidade são cada vez mais convincentes e as principais causas, refere-se no relatório do Banco Mundial (2000), encontram-se nas técnicas agrícolas modernas, na desflorestação e na destruição das terras húmidas e dos habitats oceânicos, fenómenos todos eles estreitamente ligados às actividades de crescimento económico. “A natureza — resume Folch (1998) — é diversa por definição e por necessidade. Por isso, a biodiversidade é a melhor expressão da sua lógica e, paralelamente, a garantia do seu êxito (...). Se a humanidade mantém a sua actual estratégia de atacar a diversidade, pagará cara a sua imprudência”. Estamos a referir-nos concretamente:

- à destruição dos recursos de água doce e da vida nos rios e nos mares,
- à alteração dos oceanos na sua capacidade de regulação atmosférica,
- à desertificação: cada ano, recorda-nos a Comissão Mundial do Meio Ambiente e do Desenvolvimento (1988), seis milhões de hectares de terra produtiva transformam-se em deserto estéril,

Esta degradação afecta de forma muito particular a espécie humana, gerando:

- Doenças diversas que afectam o sistema imunitário, o sistema nervoso, a pele, etc.
- Aumento das catástrofes naturais (secas, chuvas torrenciais, ...) com as respectivas consequências de destruição de habitações e zonas agrícolas, fomes, ...

Refira-se que se faz muito poucas vezes referência a um outro aspecto grave da degradação da vida que nos afecta muito particularmente: a perda da diversidade cultural. Este esquecimento, muito frequente, constitui um primeiro exemplo dos modelos reducionistas que têm caracterizado a educação ambiental (González e de Alba, 1994; Fien, 1995; Tilbury, 1995; García, 1999). Convém, pois, discutir esta questão com uma certa atenção:

A.6. Considere a importância e as razões da perda de diversidade cultural

Comentários A.6. Desde o campo da educação (Delors, 1996; Vilches e Gil-Pérez, 2003) passando pela reflexão sobre os problemas dos conflitos interétnicos e interculturais (Maaluf, 1999; Giddens, 2000), tem-se insistido na gravidade da destruição da diversidade cultural, que se traduz em “uma estéril uniformidade de culturas, paisagens e modos de vida” (Naredo, 1997). “Isso também é uma dimensão da biodiversidade — afirma Folch (1998) — embora na sua vertente sociológica que é o lado mais característico e singular da espécie humana”. E conclui: “Nem monotonia ecológica, nem limpeza étnica: soberanamente diversos”. No mesmo sentido Maaluf (1999) questiona: “Por que haveríamos de nos preocupar menos com a diversidade de culturas humanas do que com a diversidade de espécies animais ou vegetais?”.

Esta perda de diversidade cultural está associada, entre outros problemas, a:

- exaltação de formas culturais (religiosas, étnicas ...) consideradas como “superiores” ou “verdadeiras”, o que leva a pretender a sua imposição sobre outras, gerando conflitos sociais, políticos, movimentos de limpeza étnica ...
- oposição ao pluralismo linguístico de populações autóctones ou grupos migrantes, gerando insucesso escolar e confrontos sociais;
- imposição, pela indústria cultural, através do controlo dos meios de comunicação social, de padrões empobrecedores e geradores de exclusão;
- a imposição dos mesmos modelos culturais a todos os jovens, excluindo, em particular, o pluralismo linguístico, operada pelos sistemas educativos (Mayor Zaragoza, 2000);
- em síntese, a ignorância da riqueza que a diversidade das expressões culturais supões que deveria levar a “afirmar, ao mesmo tempo, o direito à diferença e a abertura ao universal” (Delors, 1996), ou, por outras palavras, o direito à defesa da diversidade e da mestiçagem cultural, sem cair, claro está, num “vale tudo” que aceite “expressões culturais” (como, por exemplo, a mutilação sexual das mulheres) que não respeitam os direitos humanos (Maaluf, 1999).

2. As causas da degradação

Todos os problemas anteriormente assinalados caracterizam um crescimento claramente insustentado, próximo da destruição (Daly, 1997; Brown, 1998; Folch, 1998; Brown e Flavin, 1999; Vilches e Gil-Pérez, 2003). Convém precisar, a este respeito, o que pode considerar-se *desenvolvimento sustentado*, um dos conceitos básicos da actual reflexão sobre a situação do mundo.

A.7. *Explicita o que, na sua opinião, podemos designar como desenvolvimento sustentado.*

Comentários A.7. Os contributos das equipas coincidem com a definição de desenvolvimento sustentado (ou sustentável) dada, em 1987, pela Comissão Mundial do Meio Ambiente e do Desenvolvimento, que passou a ser geralmente aceite: “Desenvolvimento sustentado é o que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de responderem às suas próprias necessidades”.

É preciso distinguir, a este respeito, entre crescimento e desenvolvimento. Como afirma Daly (1997), “o crescimento é um aumento quantitativo da escala física; desenvolvimento, é a melhoria qualitativa ou o desdobrar de potencialidades (...). Uma vez que a economia humana é um subsistema de um ecossistema global que não cresce, embora se desenvolva, está claro que o crescimento da economia não é sustentável durante um período alargado”. Isso leva Giddens (2000) a afirmar: “A sustentabilidade ambiental exige, pois, que se produza uma descontinuidade:

de uma sociedade para a qual a condição normal de saúde foi o crescimento da produção e do consumo material deve passar-se a uma sociedade capaz de desenvolver-se, reduzindo-os”.

Convém assinalar que a definição de desenvolvimento sustentado dada pela Comissão Mundial do Meio Ambiente e do Desenvolvimento reuniu um amplo consenso, embora esse consenso seja, por vezes, puramente verbal e alguns confundam desenvolvimento sustentado com crescimento ilimitado (!). Começou-se assim a analisar criticamente o uso do conceito de desenvolvimento sustentado (Luffiego e Rabadán, 2000) e a utilizar outras expressões como “construção de uma sociedade sustentada” (Roodman, 1999). Para muitos, sem dúvida, a ideia de desenvolvimento — não de crescimento — continua a ser necessária para conceber a transformação de certas formas de vida nada satisfatórias para boa parte da humanidade.

Identificados alguns dos problemas que a humanidade enfrenta hoje — que traçam um modelo de crescimento insustentável — é preciso considerar as suas possíveis causas.

A.8. *Tente identificar todas as causas que podem estar na origem da crescente degradação do nosso planeta.*

Comentários A.8. Esta problemática exige um modelo holístico, globalizador, que envolva — como foi assinalado na Agenda 21 (Nações Unidas, 1992) — todos os campos do conhecimento e, por isso, os docentes de todas as áreas de aprendizagem (Tilbury, 1995). Para isso é preciso ultrapassar o reducionismo que orientou a atenção da educação ambiental exclusivamente para os sistemas naturais, ignorando as estreitas relações existentes hoje em dia entre ambiente físico e factores sociais, culturais, políticos e económicos (Fien, 1995; Tilbury, 1995). Surge assim o conceito de Environmental Education for Sustainability (EEFS) — em português, Educação Ambiental para a Sustentabilidade (EAPS) — como um enfoque holístico sobre o estudo dos problemas ambientais e de desenvolvimento: “A EAPS baseia-se na premissa de que os problemas ambientais e do desenvolvimento não se devem exclusivamente a factores físicos e biológicos, mas que é preciso compreender o papel dos elementos estéticos, sociais, económicos, políticos, históricos e culturais” (Tilbury, 1995).

Este modelo holístico permite identificar com rigor, como origem do processo de degradação que ameaça a continuidade da espécie humana no planeta, o actual crescimento económico que, guiado pela procura de benefícios particulares a curto prazo, actua como se o planeta tivesse recursos ilimitados (Ramonet, 1997; Brown, 1998; Folch, 1998; García, 1999). É necessário, no entanto, observar as razões que motivam tal crescimento insustentado e compreender a sua ligação (como causas e, ao mesmo tempo, como consequências) a:

- modelos de consumo das chamadas sociedades “desenvolvidas”,

- explosão demográfica,
- desequilíbrios existentes entre distintos grupos humanos, com a imposição de interesses e valores particulares.

É importante referir que o papel que estes aspectos desempenham (e, muito particularmente, a explosão demográfica) no actual processo de degradação do ecossistema Terra esbarra em fortes preconceitos. Isso obriga a tratar estas questões com alguma atenção. Contudo é preciso, previamente, desfazer um frequente mal-entendido:

Atribui-se, por vezes, a responsabilidade da degradação da vida no planeta ao desenvolvimento científico e tecnológico:

A.9. *Discuta o papel do desenvolvimento científico-tecnológico no processo de degradação da vida no planeta.*

Comentários A.9. Em nossa opinião (Gil-Pérez, 1998) a tendência para descarregar sobre a ciência e a tecnologia a responsabilidade da situação actual de deterioração crescente, não deixa de ser uma nova simplificação maniqueísta em que é fácil cair. Não podemos ignorar que são os cientistas que estudam os problemas com que se debate hoje a humanidade, que chamam a atenção para os riscos e que propõem soluções (Sánchez Ron, 1994; Giddens, 2000). Por certo, nem só os cientistas nem todos os cientistas o fazem. Não ignoramos também que foram cientistas — juntamente com economistas, empresários e trabalhadores — quem produziu, por exemplo, os compostos que estão a destruir a camada de ozono. As críticas e as chamadas à responsabilidade devem estender-se a todos, incluindo os “simples” consumidores dos produtos nocivos. Por outras palavras, os problemas ambientais de que sofremos têm uma origem social. Como escreve Folch (1998) “padecemos de sérios problemas ambientais como consequência de não menos graves deficiências no funcionamento dos sistemas sociais”.

Abordaremos, de seguida, alguns dos problemas que estão associados ao processo de degradação da vida na Terra.

A.10. *Indique algumas características dos padrões de consumo existentes nas sociedades desenvolvidas, que possam prejudicar um desenvolvimento sustentado.*

Comentários A.10. A discussão evidenciará que o consumo das sociedades “desenvolvidas” (e dos grupos poderosos de qualquer sociedade) continua a crescer como se as capacidades da Terra fossem infinitas (Daly, 1997; Brown e Mitchell, 1998; Folch, 1998; García, 1999) e que tal consumo caracteriza-se, entre outros aspectos, por:

- ser estimulado por uma publicidade agressiva, criadora de necessidades,

- motivar o “usar e desejar”, ignorando as possibilidades de “reduzir, reutilizar e reciclar” ...
- estimular as modas efêmeras e reduzir a durabilidade dos produtos ao serviço do puro consumo.
- promover produtos, apesar de conhecidos o seu elevado consumo energético e o seu alto impacto ecológico.
- guiar-se, em suma, como já assinalámos, pela procura de benefícios a curto prazo, sem atender às consequências a médio e a longo prazo.

Por outro lado, esse consumo exagerado não pode ser vivido, à vontade, como algo positivo: “A gratificação imediata é aditiva, mas já não é capaz de ocultar os seus efeitos de frustração duradoura, a sua incapacidade para invocar a satisfação. A cultura de ‘mais é melhor’ alimenta-se da sua própria inércia e da extrema dificuldade em lhe escapar, mas tem já mais de condenação do que de promessa” (Almenar, Bono e García, 1998).

Consideremos agora o papel do crescimento demográfico.

A.11. *Em que medida o actual crescimento demográfico pode considerar-se um problema para o êxito de um desenvolvimento sustentado?*

Comentários A.11. Dado tratar-se de uma questão raramente contemplada pela generalidade dos professores e de ser, inclusivamente, frequente a resistência em aceitar que o crescimento demográfico representa hoje um grave problema, convém apresentar alguns dados que permitam valorizar o seu papel no actual crescimento insustentável (Comissão Mundial do Meio Ambiente e do Desenvolvimento, 1988; Ehrlich e Ehrlich, 1994; Brown e Mitchell, 1998; Folch, 1998; Vilches e Gil-Pérez, 2003):

- desde meados do século XX nasceram mais seres humanos do que em toda a história da humanidade e, como assinala Folch (1998), “em breve haverá tanta gente viva como mortos ao longo de toda a história: metade de todos os seres humanos que terão existido estarão vivos”,
- apesar de uma descida da taxa de crescimento da população, esta continua a aumentar cerca de 80 milhões por ano, pelo que duplicará de novo em poucas décadas,
- Como explicaram os peritos em sustentabilidade, no quadro do chamado Fórum do Rio, a população actual precisaria dos recursos de três Terras para alcançar um nível de vida semelhante ao dos países desenvolvidos.

Dados como os anteriormente apresentados levaram Ehrlich e Ehrlich (1994) a afirmar categoricamente: “Não há dúvida de que a explosão demográfica terminará brevemente. O que não sabemos é se o seu fim se produzirá de uma forma pacífica, através da descida das taxas de natalidade ou, tragicamente, através de um aumento das taxas de mortalidade”. E acrescentam: “O problema demográfi-

co é o problema mais grave que a humanidade enfrenta, dada a enorme diferença de tempo que decorre entre o início de um programa adequado e o começo do decréscimo da população”.

Estes modelos contrastam, no entanto, com a crescente preocupação de alguns países com o decréscimo da taxa de natalidade.

Uma recente notícia da ONU sobre a evolução da população activa assinala que é necessário um mínimo de 4 a 5 trabalhadores por pensionista para que os sistemas de protecção social possam manter-se. Por isso, teme-se que, dada a baixa taxa de natalidade europeia, esta proporção desça muito rapidamente, tornando-se impossível o sistema de pensões.

A.12. Comente as previsões das dificuldades do sistema de pensões devidas às reduzidas taxas de natalidade.

Comentários A.12. Digamos que um problema como este, ainda que pareça relativamente pontual, permite discutir, a partir de um novo ângulo, as consequências de um crescimento indefinido da população, visto como algo positivo a curto prazo. Com efeito, pensar na manutenção de uma proporção de 4 ou 5 trabalhadores por pensionista é um exemplo de projecção centrada no “aqui e agora” que se recusa a considerar as consequências a médio prazo, pois espera-se que a maioria desses “4 ou 5 trabalhadores” desejem também chegar a ser pensionistas, o que exigiria voltar a multiplicar o número de trabalhadores, etc., etc. Isso não é sustentável mesmo recorrendo à imigração, pois também esses imigrantes terão de ter direito a ser pensionistas. Tais projecções são um autêntico exemplo dos famosos degraus “em pirâmide” condenados a produzir uma bancarrota global. (...) O facto de uma maioria identificar como um problema a reduzida taxa de natalidade europeia, em vez de a considerar um facto positivo, é um exemplo ilustrativo da “reduzida existência de valores relativos à sustentabilidade do meio ambiente nas percepções sociais dos problemas relativos à população” (Almenar, Bono e García, 1998).

Brown e Mitchell (1998) resumem assim a questão: “A estabilização da população é um passo fundamental para deter a destruição dos recursos naturais e garantir a satisfação das necessidades básicas de todas as pessoas”. Por outras palavras: “Uma sociedade sustentada é uma sociedade demograficamente estável, mas a população actual está longe dessa estabilidade”. No mesmo sentido se pronuncia a Comissão Mundial do Meio Ambiente e do Desenvolvimento (1988): “a redução das actuais taxas de crescimento é absolutamente necessária para se conseguir um desenvolvimento sustentado”.

O hiperconsumo das sociedades desenvolvidas e a explosão demográfica traçam um modelo de fortes desequilíbrios, com milhares de milhões de seres

humanos que apenas podem sobreviver nos países “em desenvolvimento” e com a marginalização de amplos sectores do “primeiro mundo”... enquanto um quinto da humanidade oferece o seu modelo de sobreconsumo (Folch, 1998).

A.13. *Quais poderão ser as consequências dos fortes desequilíbrios entre diferentes grupos humanos? Em que medida poderão manter-se indefinidamente?*

Os actuais desequilíbrios existentes entre diferentes grupos humanos, com a imposição de interesses e valores particulares, traduzem-se em todo tipo de conflitos que convém analisar:

A.14. *Identifique os diferentes tipos de conflitos resultantes da imposição de interesses e valores particulares.*

Comentários A.13 e A.14. Como no caso do crescimento demográfico, a atenção a estes desequilíbrios foi muito insuficiente na educação ambiental e existe inclusivamente uma recusa em considerar esta dimensão (García, 1999), vista pejorativamente como algo político. Contudo, numerosas análises têm chamado a atenção para as graves consequências que estão a tendo, e terão cada vez mais, os actuais desequilíbrios (González e de Alba 1994). Basta recordar as palavras do Director da UNESCO (Mayor Zaragoza, 1997): “18% da humanidade possui 80% da riqueza e isso não pode ser. Esta situação resultará em grandes conflitos, em emigrações massivas e na ocupação de espaços pela força”. No mesmo sentido, afirma Folch (1998), “A miséria — injusta e conflituosa — conduz inexoravelmente a explorações cada vez mais insensatas, na desesperada tentativa de pagar juros, de amortizar capitais e de obter algum benefício mínimo. Essa pobreza exasperante não pode gerar mais do que insatisfação e animosidade, ódio e espírito vingativo”. É preciso, além disso, referir as discriminações de todo tipo que pesam sobre as mulheres (Giddens, 2000) e que afectam negativamente as mulheres em primeiro lugar, mas, também, toda a humanidade.

Todos estes desequilíbrios existentes entre diferentes grupos humanos, com a imposição de interesses e valores particulares, traduzem-se em todo tipo de **conflitos** (Delors, 1996; Maaluf, 1999; Renner, 1999; Mayor Zaragoza, 2000; Vilches e Gil-Pérez, 2003):

- Os conflitos bélicos (com as consequentes corridas aos armamentos e destruição).
- As violências de classe, interétnicas e interculturais que se traduzem em autênticas fracturas sociais.
- A actividade das organizações mafiosas que traficam armas, drogas e pessoas, contribuindo decisivamente para a violência civil.
- A actividade especuladora de empresas transnacionais que escapam hoje a qualquer controlo democrático, provocando, por exemplo, fluxos financeiros

capazes de arruinar em poucas horas a economia de um país, na sua busca de benefícios a curto prazo.

- As migrações forçadas de milhões de pessoas, agravadas pelas disparidades entre nações (Delors, 1996).
- O risco de retrocessos democráticos, com um desinteresse crescente dos cidadãos pelos assuntos públicos.

Tudo o que foi referido até aqui traça um panorama negro que levou alguns a referir-se a “um mundo sem rumo” (Ramonet, 1997) ou, pior, com um rumo definido “que avança em direcção a um naufrágio possivelmente lento, mas dificilmente reversível” (Naredo, 1997) que torna verosímil uma “sexta extinção”, *já em marcha*, que acabaria com a espécie humana (Lewin, 1997).

Não se trata, contudo, de cair num discurso fatalista, cujo slogan deprimidamente poderia ser, como nos recorda Folch (1998), “O futuro será sempre pior”, mas de delinear as possíveis soluções para uma situação, essa sim, muito mais grave, sem dúvida, do que a maioria dos cidadãos e cidadãs tem consciência. De facto, vários estudos mostraram que “os grupos de alunos que tinham recebido mais informação sobre os riscos ambientais e os problemas do planeta eram aqueles em que os estudantes se sentiam mais desconfiados, sem esperança, incapazes de pensar possíveis acções futuras” (Mayer, 1998). No mesmo sentido, Hicks e Holden (1995) afirmam: “Estudar exclusivamente os problemas provoca, no melhor dos casos, indignação, e no pior dos casos falta de esperança”.

Deve-se, pois, incentivar os estudantes a explorar “futuros alternativos” (Hicks e Holden, 1995) e a participar em acções que favoreçam tais alternativas (Tilbury, 1995; Mayer, 1998).

3. Medidas a adoptar

Evitar o que alguns chamaram “a sexta extinção” *já em marcha* (Lewin, 1997) exige pôr fim a tudo o que até agora criticámos: pôr fim a um desenvolvimento guiado pelo lucro a curto prazo; pôr fim à explosão demográfica; pôr fim ao hiperconsumo das sociedades desenvolvidas e aos fortes desequilíbrios existentes entre diferentes grupos humanos.

A.15. *Que tipo de medidas deveriam ser adoptadas para pôr fim a estes problemas e conseguir um desenvolvimento sustentado? Proceda a uma primeira enumeração dessas medidas que permita passar à sua posterior discussão.*

Comentários A.15. As diferentes medidas propostas para tornar possível um desenvolvimento sustentado ou, mais precisamente, “a construção de uma sociedade sustentada” (Roodman, 1999) podem englobar-se, basicamente, nos três grupos seguintes:

- Medidas de desenvolvimento tecnológico.
 - Medidas educativas para a transformação de atitudes e comportamentos.
 - Medidas políticas (legislativas, judiciais, etc.) nos diferentes níveis (local, regional...) e, em particular, medidas de integração ou globalização planetária.
- Convém determo-nos um pouco na discussão de cada um destes tipos de medidas.

A.16. *Uma das medidas à qual, logicamente, se faz referência para o êxito de um desenvolvimento sustentado é a introdução de novas tecnologias mais adequadas. Que características deveriam ter essas tecnologias?*

A.17. *Deve questionar-se, no entanto, se a tecnologia, isto é, o “capital obra do homem” pode dar resposta a todas as necessidades, substituindo os recursos ou “capital natural”.*

Comentários A.16 e A.17. A maioria das equipas se referiram, em primeiro lugar, à necessidade de dirigir os esforços da investigação e inovação para o êxito de tecnologias que favoreçam um desenvolvimento sustentado (Gore, 1992; Daly, 1997; Flavin e Dunn, 1999) — incluindo desde a busca de novas fontes de energia até ao aumento da eficácia na obtenção de alimentos, passando pela prevenção de doenças e catástrofes ou pela diminuição e tratamento de resíduos, ... — com o devido controlo social para evitar aplicações precipitadas (princípio de prudência).

Convém determo-nos minimamente no significado de “que favoreçam um desenvolvimento sustentado”. Segundo Daly (1997) é preciso que as tecnologias cumpram o que ele chama “princípios óbvios para o desenvolvimento sustentado”:

- As taxas de recolha não devem ultrapassar as de regeneração (ou, para o caso de recursos não renováveis, de criação de substitutos renováveis).
- As taxas de emissão de resíduos devem ser inferiores às capacidades de assimilação dos ecossistemas para os quais se emitem esses resíduos.

Quanto à possibilidade da tecnologia, isto é, o “capital obra do homem” poder substituir os recursos ou “capital natural”, convém notar que “Na passada era de economia num mundo vazio, o capital obra do homem era o factor limitativo. Actualmente estamos a entrar numa era de economia num mundo cheio, em que o capital natural será cada vez mais o factor limitativo” (Daly, 1997). Dito por outras palavras: “No que se refere à tecnologia, a norma associada ao desenvolvimento sustentado deveria consistir em dar prioridade a tecnologias que aumentem a produtividade dos recursos (...) mais do que aumentar a quantidade extraída de recursos (...). Isto significa, por exemplo, lâmpadas mais eficientes em vez de mais centrais eléctricas”.

É necessário, por outro lado, pôr em questão a ideia errada de que as soluções para os problemas com que se debate hoje a Humanidade dependem unicamente de um maior conhecimento e de tecnologias mais avançadas, esquecendo que as opções, os dilemas, são, frequentemente, fundamentalmente éticos (Aikenhead, 1985; Martínez, 1997; García, 1999). Isso remete-nos para o papel da educação:

A.18. *Que propostas educativas seriam precisas para contribuir para um desenvolvimento sustentado?*

Comentários A.18. Essencialmente propõe-se implementar uma educação solidária — superadora da tendência de orientar o comportamento em função de interesses a curto prazo, ou do hábito — que contribua para uma correcta percepção do estado do mundo, que gere atitudes e comportamentos responsáveis e que prepare para a tomada de decisões fundamentadas (Aikenhead, 1985) dirigidas para o êxito de um desenvolvimento culturalmente plural e fisicamente sustentado (Delors, 1996; Cortina et al., 1998; Vilches e Gil-Perez, 2003). Vamo-nos debruçar rapidamente sobre o que isso supõe.

Como propõe Folch (1998), “convém talvez que a escola comece por dar atenção ao fulgurante processo de transformação física e social ocorrido no século XX”. A educação deve tratar atentamente estas questões, deve favorecer análises realmente globalizadoras e preparar os futuros cidadãos e cidadãs para a tomada fundamentada e responsável de decisões. Questões como — que política energética convém apoiar, que papel devemos atribuir à engenharia genética na indústria alimentar e que controlos introduzimos, etc., exigem decisões que não devem ser escamoteadas aos cidadãos.

Compete-nos a todos procurar soluções, adoptar as decisões oportunas antes que seja demasiado tarde. Isso exige uma educação que favoreça decididamente os comportamentos responsáveis, para além das simples opiniões favoráveis (Almenar, Bono e García, 1998).

Convém referir-se aqui, brevemente, o debate ético que começa a verificar-se em torno da necessidade de superar um “posicionamento claramente antropocêntrico que dá prioridade ao humano sobre o natural” em direcção a um biocentrismo que “integra o humano, como mais uma espécie, no ecossistema” (García, 1999). Pensamos, contudo, que não é necessário deixar de ser antropocêntrico, nem sequer profundamente egoísta — no sentido de “egoísmo inteligente” a que se refere Savater (1994) — para compreender a necessidade de proteger o meio e a biodiversidade: quem pode continuar a defender a exploração insustentada do meio ou os desequilíbrios “Norte-Sul” quando compreende e sente que isso põe séria e realmente em perigo a vida dos seus filhos?

Pensamos que a educação para uma vida sustentada deveria apoiar-se, no que for razoável para a maioria, quer os seus modelos éticos sejam mais ou menos antropocêntricos ou biocêntricos. Dito por outras palavras: não convém procurar outra linha de demarcação senão a que separa quem tem ou não tem uma correcta

percepção dos problemas e está disposto a contribuir para a necessária tomada de decisões. Basta isso para compreender, por exemplo, que uma educação para o desenvolvimento sustentado é incompatível com uma publicidade agressiva que estimula um consumo pouco inteligente; é incompatível com explicações simplistas e maniqueístas das dificuldades que as atribuem sempre a “inimigos externos”; é incompatível, em particular, com a dinâmica da competitividade, entendida como um conflito para obter algo contra outros que procuram atingir o mesmo fim.

É preciso que a educação permita analisar modelos como estes, que são apresentados como “óbvios” e inquestionáveis, sem alternativas, impedindo desse modo a própria possibilidade de escolha. Pensamos ser esse o caso da ideia de competitividade de que, curiosamente, é costume falar como algo absolutamente necessário, sem ter em conta de que se trata de um conceito ambíguo, cujo significado mais comum é fortemente contraditório quando se analisa numa perspectiva global. Com efeito, competir é sinónimo de combater por uma mesma coisa e ser «competitivo» pode entender-se — como é costume fazer-se — como ganhar aos nossos adversários. O êxito da batalha da competitividade conduz, desse ponto de vista, ao fracasso dos outros. É certo que a ideia de competitividade de muitos economistas está mais perto da ideia de “excelência” que da de “conflito” (o dicionário inclui, em segundo lugar, o significado de “igualar uma coisa a outra análoga, na perfeição ou nas propriedades”), mas não podemos ignorar o significado de frases como “a subida de salários (ou a adopção de medidas não poluentes, etc.) tornaria os nossos produtos menos competitivos”. Trata-se, pois, de um conceito que responde, em geral, a perspectivas particulares, centradas no interesse de uma certa colectividade que se defronta com «opositores» cujo futuro, no melhor dos casos, não é tido em conta, ... o que é claramente contraditório com as características de um desenvolvimento sustentado, que deve ser necessariamente global e abarcar a totalidade do nosso pequeno planeta.

Perante tudo isto é necessária uma educação que ajude a resolver os problemas ambientais e do desenvolvimento na sua globalidade (Tilbury, 1995; Luque, 1999), tendo em conta as repercussões a curto, médio e longo prazo, tanto para uma dada colectividade como para o conjunto da humanidade e para o nosso planeta; a compreender que não é sustentável um êxito que exija o fracasso de outros; a transformar, definitivamente, a interdependência planetária e a mundialização num projecto plural, democrático e solidário (Delors, 1996). Um projecto que oriente a actividade pessoal e colectiva numa perspectiva sustentada, que respeite e potencie a riqueza que representa tanto a diversidade biológica como a cultural e nos leve a saboreá-la.

Vale a pena determo-nos na especificação das mudanças de atitudes e de comportamentos que a educação deveria promover:

A.19. *O que é que cada um de nós pode fazer “para salvar a Terra”? Que eficácia podem ter os comportamentos individuais, as pequenas mudanças nos nossos costumes, nos nossos estilos de vida, que a educação pode favorecer?*

Comentários A.19. As chamadas à responsabilidade individual multiplicam-se, incluindo pormenorizadas relações de possíveis acções concretas nos mais diversos campos, desde a alimentação ao transporte, passando pela limpeza, o aquecimento e a iluminação ou o planeamento familiar (Button e Friends of the Earth, 1990; Silver e Vallely, 1998; García Rodeja, 1999).

Muitas dessas medidas estão dirigidas para o que podemos denominar um consumo sustentado. Como se refere no livro “Consumo Sustentado” (Comín e Font, 1999). “É necessário trabalhar para que a actividade humana se desenvolva dentro dos limites que o planeta Terra permite e, além disso, é necessário equilibrar o desenvolvimento das diferentes partes da humanidade. Viver e consumir hoje sem hipotecar as necessidades de gerações futuras. Viver mais simplesmente para que outros possam simplesmente viver. Exercer um consumo inteligente e responsável. Nisso consiste o consumo sustentado”. A elaboração por equipas docentes de propostas concretas de actuação, a este respeito, permite ir mais além da mera discussão e converte-se numa actividade particularmente adequada para que se abordem situações próximas às que se podem colocar no contexto escolar. Por vezes surgem dúvidas sobre a eficácia que podem ter os comportamentos individuais, as pequenas mudanças nos nossos costumes, nos nossos estilos de vida, que a educação pode favorecer. Diz-se, por exemplo, que os problemas de esgotamento dos recursos energéticos e da degradação do meio são devidos, fundamentalmente, às grandes indústrias; o que cada um de nós pode fazer a esse respeito é, comparativamente, insignificante. Mas é fácil mostrar (basta fazer cálculos muito simples) que se essas “pequenas mudanças” supõem, na verdade, uma poupança de energia per capita muito pequena, ao multiplicá-la pelos muitos milhões de pessoas que no mundo possam realizar tal poupança, esta chega a representar enormes quantidades de energia, com a correspondente redução da poluição ambiental. (Vilches e Gil-Pérez, 2003). O futuro vai depender em grande medida do modelo de vida que seguirmos e, ainda que seja este modelo que, com frequência, nos querem impor com sugestões de aumento de consumo para activar a produtividade e criar emprego, há que acreditar na capacidade dos consumidores para o modificar (Comín e Font, 1999). A própria Agenda 21 indica que a participação da sociedade civil é um elemento imprescindível para avançar para a sustentabilidade.

É preciso acrescentar, por outro lado, que as acções em que nos podemos envolver não têm que se limitar ao âmbito “individual”: devem estender-se ao campo profissional (que pode exigir a tomada de decisões) e ao sócio-político, opondo-se aos comportamentos destruidores ou poluidores (como estão a fazer com êxito crescente as populações que denunciam casos flagrantes de poluição acústica, etc.) ou apoiando, através das ONGs, partidos políticos, etc., tudo o que contribua para a solidariedade e para a defesa do meio.

É preciso, também, que as acções individuais e colectivas evitem propostas parciais, centrados exclusivamente em questões ambientais (poluição, perda de re-

curso, ...) e se estendam a outros aspectos intimamente relacionados com esses, como o dos graves desequilíbrios existentes entre diferentes grupos humanos ou os conflitos étnicos e culturais (campanha a favor da entrega de 0.7 do orçamento institucional e pessoal, para ajudar os países em vias de desenvolvimento, a defesa da pluralidade cultural, etc.). Definitivamente, é preciso reivindicar das instituições civis que nos representam (câmaras municipais, associações, parlamento,...) que incluam os problemas locais na perspectiva geral da situação do mundo e que adotem medidas a esse respeito, tal como está a acontecer já, por exemplo, com o movimento de “cidades para a sustentabilidade”. Como afirmam González e de Alba (1994), “o lema dos ecologistas alemães ‘pensar globalmente, mas actuar localmente’ tem mostrado a sua validade ao longo do tempo, mas também a sua limitação: sabe-se agora que há também que actuar globalmente”. Tudo isto nos remete para um terceiro tipo de medidas:

A.20. *Pense em que medida o processo de globalização planetária pode dificultar o êxito de um desenvolvimento sustentado.*

Comentários A.20. Este é um aspecto que gera habitualmente acesos debates e que necessita de ser analisado. Falar hoje de globalização dá muito má impressão e muitos são aqueles que denunciam as consequências do vertiginoso processo de globalização económica. No entanto, tal processo, tem, paradoxalmente, muito pouco de global em aspectos que são essenciais para a sobrevivência da vida no nosso planeta. Como destaca Naredo (1997), “apesar de tanto se falar de globalização, continua a ser corrente o recurso a análises sectoriais, unidimensionais e parcelares”. Não se toma em consideração, muito concretamente, a destruição do meio. Por outras palavras: essa destruição é considerada, mas em sentido contrário ao de evitá-la. A globalização económica, explica Cassen (1997), “leva irresistivelmente à mudança dos centros de produção para lugares em que as normas ecológicas são menos restritivas” (e, acrescente-se, mais frágeis os direitos dos trabalhadores). E conclui: “A destruição de meios naturais, a poluição do ar, da água e do solo, não deveriam ser aceites como outras tantas <vantagens comparativas>”. No mesmo sentido, Giddens (2000) afirma: “Em muitos países pouco desenvolvidos as normas de segurança e meio ambiente são escassas ou praticamente inexistentes. Algumas empresas transnacionais vendem aí mercadorias que têm restrições ou são proibidas nos países industrializados, ...”.

A globalização económica aparece assim como algo muito pouco globalizador e exige políticas planetárias capazes de evitar um processo geral de degradação do meio que fez disparar todos os alarmes e cujos custos económicos começam a ser avaliados (Constanza et al., 1997). Começa pois a compreender-se a urgente necessidade de uma integração planetária capaz de desenvolver e controlar as necessárias medidas de defesa do meio e das pessoas, antes que o processo de degradação seja irreversível. Convém insistir que se trata de construir uma nova ordem mundial, baseada na cooperação e na solidariedade, com instituições capazes de evitar

a imposição de interesses particulares que sejam nocivos para a população actual ou para as gerações futuras, (Renner, 1993 e 1999; Cassen, 1997; Folch, 1998; Jauregui, Egea e da Puerta, 1998; Giddens, 2000; Vilches e Gil-Pérez, 2003).

Até instituições como o Banco Mundial, que tradicionalmente parecem ter prestado pouca atenção às consequências do crescimento, começam a reconhecer que os mudanças que o mundo está a experimentar ameaçam seriamente o meio ambiente e a sustentabilidade do desenvolvimento, dando origem a problemas que requerem a cooperação internacional no quadro de estruturas institucionais remodeladas ou de novo tipo (Banco Mundial, 2000).

Mas este processo de integração política a nível planetário que a nossa sobrevivência parece exigir, deve ser olhado com cepticismo e também com apreensão. Cepticismo porque as intenções até aqui manifestadas mostraram que foram pouco concretizadas. Mas se considerarmos que “uma radioactividade que não conhece fronteiras nos recorda que vivemos — pela primeira vez na história — numa civilização interligada que envolve o planeta” (Havel, 1997), podemos compreender a necessidade imperiosa — também pela primeira vez na história — de uma integração política que privilegie a defesa do meio — substrato comum da vida no planeta — sobre os interesses económicos a curto prazo de um determinado país, região ou, com frequência, de um determinado consórcio transnacional.

Por outro lado, as propostas de globalização provocam também o receio de uma homogeneização cultural, isto é, o medo de um empobrecimento cultural como aquela a que já fizemos referência ao discutir a actividade A.6. Ora bem, esta uniformização e destruição de culturas não pode ser atribuída, obviamente, a uma integração política que ainda não teve lugar, mas é mais uma consequência da globalização puramente de mercado. Uma ordem democrática à escala mundial poderia, precisamente, estabelecer a defesa da diversidade cultural — entendida, claro está, de uma forma dinâmica, que não exclui as mestiçagens fecundadores — assim como da diversidade biológica.

Uma integração política à escala mundial plenamente democrática constitui, pois, um requisito essencial para fazer frente à degradação, tanto física como cultural, da vida no nosso planeta. Tal integração reforçaria assim o funcionamento da democracia e contribuiria para um desenvolvimento sustentado dos povos que não se limitaria, como costuma acontecer, ao plano puramente económico, devendo incluir, de forma destacada, o desenvolvimento cultural.

Devemos insistir, para terminar, em que não há nada de utópico nestas propostas de acção: hoje o utópico é pensar que podemos continuar a guiar-nos por interesses particulares sem que, a longo prazo, todos paguemos as consequências. Talvez esse comportamento fosse válido — à margem de qualquer consideração ética — quando o mundo contava com tão poucos seres humanos que era imenso, praticamente sem limites. Mas hoje isso só pode conduzir a uma massiva auto-destruição, à já anunciada sexta extinção (Lewin, 1997). Dito por outras palavras: um egoísmo inteligente, à margem de qualquer consideração ética, obriga-nos a

proteger o ambiente e a ser solidários. Não é hoje possível pensar na ‘salvação’ de uns contra os outros: as consequências da destruição do meio, das tensões que geram fortes desequilíbrios económicos, etc., hão-de sofrê-las também os nossos filhos, os filhos de todos nós (Savater, 1994).

As medidas que acabamos de discutir aparecem hoje associadas à necessidade de universalização dos direitos humanos. A parte que se segue será dedicada a clarificar essa relação.

4. Desenvolvimento sustentado e direitos humanos

Pode parecer estranho estabelecer-se uma relação tão directa entre a superação dos problemas que ameaçam a sobrevivência da vida na Terra e a universalização dos direitos humanos. Convém, por isso, determo-nos minimamente no que se entende hoje por Direitos Humanos, um conceito que tem vindo a ampliar-se até envolver três ‘gerações’ de direitos (Vercher, 1998) que constituem, como veremos, requisitos básicos de um desenvolvimento sustentável.

A.21. *Enumere quais deveriam ser, em sua opinião, os direitos humanos fundamentais.*

A.22. *Na sua opinião, em que medida se pode estabelecer uma relação entre direitos humanos civis e políticos e a possibilidade de um desenvolvimento sustentado?*

Comentários A.21 e A.22. A universalização dos direitos humanos aparece hoje como a ideia chave para orientar correctamente o presente e futuro da humanidade. Trata-se de um conceito que tem vindo a desenvolver-se até envolver três “gerações” de Direitos (Vercher, 1998; Escámez, 1998; Vilches e Gil-Pérez, 2003). Podemos referir-nos, em primeiro lugar, aos Direitos Democráticos, civis e políticos (de opinião, reunião, associação, ...) para todos, sem limites de origem étnica ou de género, que constituem uma condição sine qua non para a participação cívica na tomada de decisões que afectam o presente e o futuro da sociedade (Folch, 1998). Hoje são conhecidos como “direitos humanos de primeira geração”, por terem sido os primeiros a ser reivindicados e conseguidos (apesar dos conflitos) num número crescente de países. A este respeito não se deve esquecer que os “Droits de l’Homme” da Revolução Francesa, para citar um exemplo conhecido, excluía explicitamente as mulheres (que só conseguiram o direito ao voto, em França, depois da segunda guerra mundial).

Não esquecer também que em muitos lugares da Terra esses direitos básicos são sistematicamente desprezados cada dia, muitas vezes em nome de grandes prin-

cípios, mas com a inevitável consequência de suprimir a crítica e evitar o aparecimento de alternativas.

A participação cívica, o funcionamento democrático, adverte Manzini (2000) “pode parecer uma escolha contraditória para aqueles que opõem de uma forma simplista a urgência do tema ambiental à lentidão e à rigidez de funcionamento dos regimes democráticos (...). A democracia tem os seus ritmos e os seus meios e o meio ambiente tem as suas urgências”. Por isso, continua Manzini, “a questão ambiental, considerada em termos de ‘emergência ambiental’ constitui um perigo de morte para a democracia. No momento em que estas emergências assumissem os contornos de autênticas catástrofes, o cenário que se abriria seria, na melhor das hipóteses, a proclamação de estados de emergência contínuos (com a suspensão da vida democrática ‘normal’). E, na pior das hipóteses, mas infelizmente a mais realista, o aumento de apoio à autoproclamada eficácia dos regimes fortes (...) e a atracção pelo fascínio por ideologias antidemocráticas, do fundamentalismo ecológico ao religioso, passando pelo tecnocrático”.

No entanto, adverte também Manzini, “a transição só poderá ser um grande processo de aprendizagem se nela participar toda a sociedade. E o regime democrático é o mais adequado para acolher e favorecer este processo. (...) A democracia é fundamentalmente um processo social (...) no qual as instituições têm a função de permitir, precisamente, a constante correcção e a aprendizagem. (...) A democracia é (ou, por outras palavras, pode ser quando funciona) um grande processo colectivo de aprendizagem e, por tudo isso, é precisamente o único caminho através do qual se pode esperar chegar à sustentabilidade”.

Também um dos mais relevantes protagonistas da luta contra o subdesenvolvimento, Amartya Sen, insiste na importância das liberdades no processo de desenvolvimento, que descreve como um processo de expansão das liberdades reais de que os indivíduos gozam. O desenvolvimento, afirma no seu livro “Desenvolvimento e Liberdade” (Sen, 2000), exige a eliminação das principais fontes de privação da liberdade: a pobreza e a tirania.

Para terminar, destaquemos estas reflexões sobre o papel dos direitos democráticos, uma vez que a gravidade dos problemas que a humanidade enfrenta hoje favorece a adopção de posturas fundamentalistas contra as quais nos adverte Manzini (2000): “(...) qualquer ideia de uma cultura da sustentabilidade que se apresente como um sistema ideológico completo e coerente, isto é, como uma espécie de ‘religião da sustentabilidade’, não é somente ética e politicamente inaceitável (pelo facto de ser uma perspectiva fundamentalista que se opõe à ideia de pluralismo que constitui a base da democracia), mas também é ineficaz para conseguir o objectivo. (...) A nova cultura da sustentabilidade deve caracterizar-se, como a democracia, por uma base de entendimento comum (algumas práticas sociais, alguns valores, alguns juízos de valor socialmente partilhados) que seja a plataforma mínima para fazer convergir as eleições no sentido da sustentabilidade (...) de tal maneira que possam nascer e opor-se diversas hipóteses de socieda-

de sustentada”. Sem qualquer dúvida, escreve Manzini, “O fundamentalismo é um grave obstáculo na transição para a sustentabilidade (...), impede o desenvolvimento da pluralidade de ideias e da multiplicidade de iniciativas a partir das quais a transição para a sustentabilidade pode e irá obter o seu alimento”.

Em segundo lugar, temos de nos referir à *universalização dos direitos económicos, sociais e culturais*, ou “Direitos humanos de segunda geração” (Vercher, 1998).

A.23. *Considere os principais direitos económicos, sociais e culturais e indique a sua relação com um desenvolvimento sustentável.*

Comentários A.23. Cabe assinalar, em primeiro lugar que se trata de direitos humanos de segunda geração (Vercher, 1998), reconhecidos como tal há apenas meio século. Podemos destacar os seguintes:

- Direito universal a um trabalho satisfatório, ultrapassando as situações de precariedade e de insegurança, próximas da escravatura, como aquelas a que estão submetidos centenas de milhões de seres humanos (dos quais mais de 250 milhões são crianças).
- Direito a uma habitação condigna em ambiente adequado, isto é, em aglomerados construídos em espaços apropriados — com adequada planificação que evite a destruição de terrenos produtivos, barreiras arquitectónicas, etc. — e que se constituam em assembleias de participação e criatividade.
- Direito universal a uma alimentação adequada, tanto do ponto de vista quantitativo (desnutrição de milhares de milhões de pessoas) como qualitativo (dietas desequilibradas) o que chama a atenção para as novas tecnologias de produção agrícola.
- Direito universal à saúde. Isso exige investigações e recursos para lutar contra as doenças infecciosas que atingem amplos sectores da população do terceiro mundo — cólera, malária, ... — e contra as novas doenças “industriais” — tumores, depressões — e “comportamentais”, como a sida, assim como uma educação que promova hábitos saudáveis.
- Respeito e solidariedade pelas minorias que apresentem qualquer tipo de limitação.
- Direito ao planeamento familiar e ao livre prazer da sexualidade (que não colida a liberdade de outras pessoas) sem as barreiras religiosas e culturais que, por exemplo, condenam milhões de mulheres à submissão.
- Direito a uma educação de qualidade, distribuída ao longo da vida (Delors, 1996), sem limitações de étnicas, de género, etc., que favoreça atitudes responsáveis e torne possível a participação na tomada fundamentada de decisões.

- Direito à cultura, em sentido lato, como eixo estruturador de um desenvolvimento pessoal e colectivo estimulante e enriquecedor.

Convém referir que a proclamação destes direitos tem sido, até aqui, como “chover no molhado” na maior parte da Terra, o que contribui gravemente, por exemplo, para inevitáveis comportamentos predadores. Pode-se exigir a alguém que não esgote um banco de pesca, ... se esse for o único recurso para alimentar os seus filhos? A preservação sustentada do nosso planeta exige a satisfação das necessidades básicas de todos os seus habitantes. Exige, de facto, a satisfação dos direitos económicos, sociais e culturais.

Dentro dos direitos culturais merece uma atenção particular o reconhecimento do direito a investigar todo o tipo de problemas (origem da vida, manipulação genética, ...) sem limites ideológicos ou outros, como os que dificultaram o avanço da ciência ao longo da história, mas tendo em atenção as suas implicações sociais e ambientais, isto é, exercendo um controlo social que evite a aplicação precipitada — guiada, uma vez mais, por interesses a curto prazo — de tecnologias insuficientemente testadas. Como lembra Manzini (2000), “O tema foi delimitado, discutido e conceptualizado há muito tempo e formulou-se um princípio de referência, o ‘princípio de prudência’ que afirma: se sobre um tema de grande importância ecológica, a ciência tem posições diversas e argumentos diferentes, não se deve esperar pela conclusão do debate (que poderia chegar demasiado tarde ou mesmo nunca) mas é necessário actuar imediatamente como se a hipótese mais preocupante fosse a verdadeira”.

A importância destas considerações sobre a liberdade de investigação e a necessidade de um “princípio de prudência” fica patente ao abordar questões como a já mencionada manipulação genética: as culturas biomodificadas, por exemplo, poderiam reduzir o uso de poluentes químicos, cujos efeitos negativos não deixam dúvidas; mas não existem garantias de que não se produzam consequências ainda piores. “Seja qual for a perspectiva — conclui Giddens (2000) — estamos condenados a gerir o risco”.

Referir-nos-emos, por último, aos *Direitos humanos de terceira geração*:

A.24. *Para além dos direitos já referidos até aqui que outros poderemos estabelecer tendo em vista a consecução de um desenvolvimento sustentado?*

Comentários A.24. Estes direitos humanos de terceira geração caracterizam-se como direitos de solidariedade “porque tendem a preservar a integridade do ser colectivo” (Vercher, 1998) e incluem, de forma evidente, o direito a um ambiente saudável, à paz e ao desenvolvimento para todos os povos e para as gerações futuras. Trata-se, pois, de direitos que incorporam explicitamente o objectivo de um desenvolvimento sustentado:

- o direito de todos os seres humanos a um ambiente adequado à sua saúde e bem estar. Como afirma Vercher, a inclusão do direito ao meio ambiente como um direito humano corresponde a um facto inquestionável: “se o meio ambiente continuar a degradar-se ao ritmo em que se degrada na actualidade, chegará um momento em que a sua sobrevivência constituirá a mais elementar questão em qualquer lugar do mundo (...). E o problema é que quanto mais tempo demorar a reconhecer-se essa situação maior será o sacrifício a fazer e maiores serão as dificuldades a ultrapassar para se conseguir uma recuperação adequada”,
- o direito à paz, o que pressupõe impedir que os interesses privados (económicos, culturais, ...) se sobreponham aos restantes,
- o direito a um desenvolvimento sustentado, tanto económico como cultural de todos os povos. Isso leva-nos, por um lado, a questionarmo-nos sobre os actuais desequilíbrios económicos, entre países e povos e, por outro lado, à defesa da diversidade cultural, como património de toda a humanidade, e à defesa da mestiçagem intercultural (contra todo o tipo de racismo e de barreiras étnicas ou sociais).

Vercher insiste em que estes direitos de terceira geração “só podem ser levados a cabo através do esforço concertado de todos os actores da cena social”, incluída a comunidade internacional. Compreende-se, assim, a relação que estabelecemos entre desenvolvimento sustentado e universalização dos Direitos Humanos. Compreende-se também a necessidade de avançar em direcção a uma verdadeira mundialização, com instituições democráticas, também a nível planetário, capazes de garantir este conjunto de direitos.

Importa sublinhar que o conjunto destes direitos constitui um requisito (e, por sua vez, um objectivo) do desenvolvimento sustentado. Não é concebível, por exemplo, a interrupção da explosão demográfica sem o reconhecimento do direito ao planeamento familiar e à liberdade sexual. Mas isso remete, por sua vez, para o direito à educação. Como afirma Mayor Zaragoza (1997), uma educação para todos “é a única forma de reduzir, seja qual for o contexto religioso ou ideológico, o crescimento da população”. Relações semelhantes podem estabelecer-se entre o conjunto dos direitos apresentados e o êxito de uma sociedade sustentada.

5. Síntese e perspectivas

Passámos em revista um conjunto de problemas que a humanidade enfrenta hoje e que ameaçam a continuidade da vida no nosso planeta, assim como enumerámos algumas pistas de solução. Como educadores temos a obrigação de abrir os olhos para esta situação de ‘emergência planetária’ (Orr, 1995) e de

ajudar os actuais e futuros cidadãos e cidadãs a compreender os problemas e a construir ‘futuros alternativos’ (Hicks e Holden, 1995).

Propomos agora, para recapitular, algumas actividades de globais, como a que se apresenta a título de exemplo:

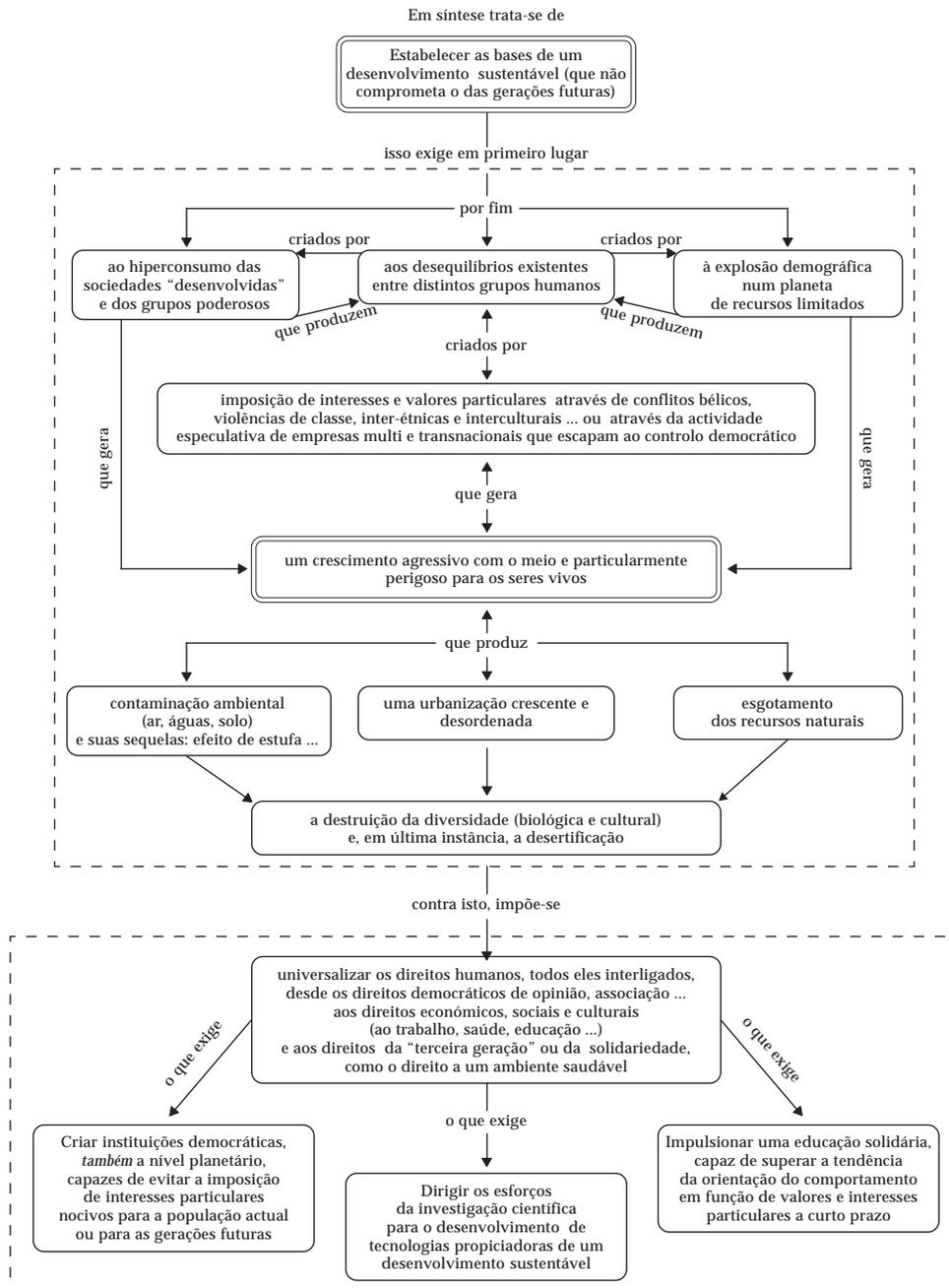
A.25. *Elabore um “mapa semântico” que proporcione uma visão global e que mostre a estreita relação entre os problemas e as medidas propostas para enfrentar a situação de emergência planetária.*

Comentários A.25. A construção de um mapa conceptual, como o que se propõe nesta actividade, constitui uma das melhores formas de estimular uma recapitulação dos problemas tratados, que mostre a estreita relação entre esses problemas e as medidas concebidas para se obter um desenvolvimento sustentado. A organização de uma sessão póster para discutir os diferentes esquemas construídos permite aprofundar colectivamente esta visão global e ajuda cada grupo a autorregular o seu trabalho. Na **figura 1** apresenta-se um destes mapas conceptuais, elaborados pelos autores deste trabalho, ainda que estes mapas sejam devedores, em boa medida, dos contributos dados pelas diferentes equipas de professores em formação e em exercício. Naturalmente, não se pretende apresentá-lo como “o modelo correcto”, mas sim como mais um dos que serão discutidos na sessão póster. De facto, só na medida em que uma equipa tiver elaborado o seu próprio esquema, poderá tirar proveito dos esquemas elaborados pelas outras equipas.

A participação dos professores num workshop com estas características gera significativos avanços nas suas percepções acerca da situação do mundo (Edwards et al., 2001). Naturalmente ele não é suficiente para provocar uma mudança em profundidade que afecte de maneira durável os comportamentos. A influência da experiência, dos valores, das crenças e das atitudes, sujeitas a uma impregnação durante muitos anos são, em geral, dificilmente modificáveis com simples actividades de discussão, ainda que se apoiem em documentação adequada e conduzam à elaboração de propostas para levar à aula. O que é possível, numa primeira abordagem, é modificar as percepções e favorecer a tomada de consciência de que a educação científica tem de contribuir para pensar o futuro, dimensão até aqui esquecida (Hicks e Holden, 1995).

Este tem sido, por nós, o objectivo perseguido, bem como o que pensamos que se pode ganhar com um workshop com estas características, enquanto requisito básico para qualquer intervenção educativa.

Figura 1. Uma situação de emergência planetária. Problemas e desafios



Referências bibliográficas neste capítulo 7

- ABRAMOVITZ, J. N. (1998). La conservación de los bosques del planeta. Em Brown, L. R., Flavin, C. e French, H. (Eds.). *La situación del mundo 1998*. Barcelona: Icaria.
- AIKENHEAD, G. S. (1985). Collective decision making in the social context of science. *Science Education* 69 (4), 453-475.
- ALMENAR, R., BONO, E. e GARCÍA, E. (1998). *La sostenibilidad del desarrollo: El caso valenciano*. Valencia: Fundació Bancaixa.
- ANDERSON, B. (1999). Evaluating students' knowledge understanding and viewpoints concerning "the state of the world in the spirit of developmental validity". Second International Conference of the ESERA. Kiel, Alemania. Páginas 149-151.
- BANCO MUNDIAL (2000). *En el umbral del siglo XXI. Informe sobre desarrollo mundial, 1999-2000*. Madrid: Mundi Prensa.
- BROWN, L. R. (1993). El inicio de una nueva era. Em Brown, L. R., Flavin C. e French, H. (Eds.). *La situación del mundo 1993*. Barcelona: Apóstrofe.
- BROWN, L. R. (1998). El futuro del crecimiento. Em Brown, L. R., Flavin, C. e French, H. (Eds.). *La situación del mundo 1998*. Barcelona: Icaria.
- BROWN, L. R., FLAVIN, C. e FRENCH, H. (Eds.) (1984-2004). *The state of the world*. New York: W. W. Norton.
- BROWN, L. R. e FLAVIN, C. (1999). Una nueva economía para un nuevo siglo. Em Brown, L. R., Flavin, C. e French, H. (Eds.). *La situación del mundo 1999*. Barcelona: Icaria.
- BROWN, L. R. e MITCHELL, J. (1998). La construcción de una nueva economía. Em Brown, L. R., Flavin, C. e French, H. (Eds.). *La situación del mundo 1998*. Barcelona: Icaria.
- BUTTON, J. e FRIENDS OF THE EARTH (1990). *¡Háztelo verde!* Barcelona: Integral.
- CASSEN, B. (1997). ¡Para salvar la sociedad!, *Le Monde Diplomatique*, edición española, año II, n. 20, 5.
- COLBORN, T., MYERS, J. P. e DUMANOSKI, D. (1997). *Nuestro futuro robado*. Madrid: ECOESPAÑA.
- COMÍN, P. e FONT, B. (1999). *Consumo Sostenible*. Barcelona: Icaria.
- COMISIÓN MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO (1988). *Nuestro futuro común*. Madrid: Alianza Editorial.
- CONSTANZA, R. et al. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, 387, 253-260.
- CORTINA, A., ESCAMEZ, J., LLOPIS, J. A. e CIURANA, J. C. (1998). *Educación en la Justicia*. Valencia: Generalitat Valenciana.
- DALY, H. (1997). Criterios operativos para el desarrollo sostenible. Em Daly, H., Schütze, C., Beck, U. e Dahl, J. (Eds.) *Crisis ecológica y sociedad*. Valencia: Germania.

- DELÉAGE, J. P. e HÉMERY, D. (1998). Energía y crecimiento demográfico. Em Le Monde Diplomatique, edición española, *Pensamiento crítico versus pensamiento único*. Madrid: Editorial Debate.
- DELORS, J. (Ed.) (1996). *La educación encierra un tesoro*. Madrid: Santillana Ed.
- EDWARDS, M. (2000). La atención a la situación del mundo: una dimensión ignorada por la educación científica. Tesis de Tercer Ciclo. Universitat de València.
- EDWARDS, M., GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., PRAIA, J., VALDÉS, P., VITAL, M. L., CAÑAL, P., DEL CARMEN, L., RUEDA, C. e TRICÁRICO, H. (2001). Una propuesta para la transformación de las percepciones docentes acerca de la situación y futuro del mundo. Primeros resultados, *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 15, 37-67.
- EHRlich, P. R. e EHRlich, A. H. (1994). *La explosión demográfica. El principal problema ecológico*. Barcelona: Salvat.
- ESCÁMEZ, J. (1998). La educación en valores y los derechos humanos de la tercera generación. En Cortina, A., Escámez, J., Llopis, J. A. y Ciurana, J. C. *Educación en la Justicia*. Valencia: Generalitat Valenciana.
- FLAVIN, C. e DUNN, S. (1999). Reinención del sistema energético. Em Brown, L. R., Flavin, C. e French, H. (Eds.). *La situación del mundo 1999*. Barcelona: Icaria Ed.
- FIEN, J. (1995). Teaching for a Sustainable World: the Environmental and Development Education Project for Teacher Education, *Environmental Education Research*, 1(1), 21-33.
- FOLCH, R. (1998). *Ambiente, emoción y ética*. Barcelona: Ariel.
- GARCÍA, J. E. (1999). Una hipótesis de progresión sobre los modelos de desarrollo en Educación Ambiental, *Investigación en la Escuela*, 37, 15-32.
- GARCÍA-RODEJA, I. (1999). El sistema Tierra y el efecto invernadero, *Alambique*, n. 20, 75-84.
- GAYFORD, C. (1993). Editorial. Where are we now with environment and education?, *International Journal of Science Education*, 15(5), 471-472.
- GIDDENS, A. (2000). *Un mundo desbocado. Los efectos de la globalización en nuestras vidas*. Madrid: Taurus.
- GIL-PÉREZ, D. (1998). El papel de la Educación ante las transformaciones científico-tecnológicas, *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 69-90.
- GIL-PÉREZ, D., GAVIDIA, V. e FURIÓ, C. (1997). Problemáticas a las que la comunidad científica y la sociedad en general habrían de prestar una atención prioritaria. II Congreso Internacional de Universidades por el Desarrollo Sostenible y el Medio Ambiente. Granada, Diciembre de 1997.
- GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., ASTABURUAGA, R. e EDWARDS, M. (2000). La atención a la situación del mundo en la educación de los futuros ciudadanos y ciudadanas. *Investigación en la Escuela*, 40, 39-56.
- GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., EDWARDS, M., PRAIA, J., MARQUES, L. y OLIVEIRA, T. (2003a). A Proposal to Enrich Teachers' Perception of the State of the World: first results. *Environmental Education Research*, 9(1), 67-90.

- GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., EDWARDS, M., PRAIA, J., VALDÉS, P., VITAL, M. L., TRICÁRICO, H. e RUEDA, C. (2003b). A Educação Científica e a Situação do Mundo: um programa de actividades dirigido a professores, *Ciência & Educação*, 9(1), 123-146.
- GONZÁLEZ, E. e DE ALBA, A. (1994). Hacia unas bases teóricas de la Educación ambiental, *Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), 66-71.
- GORE, A. (1992). *La Tierra en juego. Ecología y conciencia humana*. Barcelona: Emecé.
- HAVEL, V. (1997). No somos los amos del universo, *El País*, lunes 29 de septiembre de 1997, página 13.
- HICKS, D. e HOLDEN, C. (1995). Exploring the future a missing dimension in environmental education, *Environmental Education Research*, 1(2), 185-193.
- JÁUREGUI, R., EGEA, F. e DE LA PUERTA, J. (1998). *El tiempo que vivimos y el reparto del trabajo*. Barcelona: Paidós.
- LEWIN, R. (1997). *La sexta extinción*. Barcelona: Tusquets.
- LUFFIEGO, M. e RABADÁN, J. M. (2000). La evolución del concepto de sostenibilidad y su introducción en la enseñanza, *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 473-486.
- LUQUE, A. (1999). Educar globalmente para cambiar el futuro. Algunas propuestas para el centro y el aula, *Investigación en la Escuela*, 37, 33-45.
- MAALUF, A. (1999). *Identidades asesinas*. Madrid: Alianza.
- MANZINI, E. (2000). La transición a la sostenibilidad como un proceso de aprendizaje colectivo. Em Manzini, E. e Bigues, J. *Ecología y democracia*. Barcelona: Icaria.
- MARTÍNEZ, M. (1997). Consideraciones teóricas sobre educación en valores. Em Filmus, D. (Compilador). *Las transformaciones educativas en Iberoamérica. Tres desafíos: Democracia, desarrollo e integración*. Buenos Aires: Troquel.
- MAYER, V. (1995). Using the Earth System for Integrating the Science Curriculum, *Science Education*, 79(4), 375-391.
- MAYER, M. (1998). Educación ambiental: de la acción a la investigación, *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 217-231.
- MAYOR ZARAGOZA, F. (1997). Entrevista realizada por Enric González, *El País*, domingo 22 de junio de 1997, página 30.
- MAYOR ZARAGOZA, F. (2000). *Un mundo Nuevo*. Barcelona: Círculo de lectores.
- McGINN, A.P. (1998). La promoción de una pesca sostenible. Em Brown, L. R., Flavin, C., e French, H. (Eds.). *La situación del mundo 1998*. Barcelona: Icaria Ed.
- MEADOWS, D.H. et al. (1972). *Los límites del crecimiento*. México: Fondo de Cultura Económica.
- MYERS, N. (1987). *El atlas Gaia de la gestión del planeta*. Madrid: Hermann Blume.
- NACIONES UNIDAS (1992). *UN Conference on Environmental and Development, Agenda 21 Rio Declaration, Forest Principles*. Paris: UNESCO.
- NAREDO, J. M. (1997). Sobre el rumbo del Mundo, *Le Monde diplomatique*, edición española, año II, n. 20, 1 e 30-31.

- O'MEARA, M. (1999). Una nueva visión para las ciudades. Em Brown, L. R., Flavin, C. e French, H. (Eds.). *La situación del mundo 1999*. Barcelona: Icaria Ed.
- ORR, D. W. (1995). Education for the Environment. Higher Education's Challenge of the Next Century, *Change*, May/June, 43-46.
- PRAIA, J., GIL-PÉREZ, D. e EDWARDS, M. (2000). Percepções dos professores de ciências portuguesas e espanhóis da situação do mundo. Em *O movimento CTS na Península Ibérica*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- RAMONET, I. (1997). *El mundo en crisis*. Madrid: Debate.
- RENNER, M. (1993). Prepararse para la paz. Em Brown, L. R., Flavin, C. e French, H. (Eds.). *La situación del mundo 1993*. Barcelona: Apóstrofe.
- RENNER, M. (1999). El fin de los conflictos violentos. Em Brown, L. R., Flavin, C. e French, H. (Eds.) *La situación del mundo 1999*. Barcelona: Icaria Ed.
- ROODMAN, D. M. (1999). La construcción de una sociedad sostenible. Em Brown, L. R., Flavin, C. e French, H. (Eds.) *La situación del mundo 1999*. Barcelona: Icaria Ed.
- SÁEZ, M. J. e RIQUARTS, K. (1996). El desarrollo sostenible y el futuro de la enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 175-182.
- SÁNCHEZ RON, J. M. (1994). ¿El conocimiento científico prenda de felicidad? Em Nadal, J. (Ed.), *El mundo que viene*. Madrid: Alianza.
- SAVATER, F. (1994). Biología y ética del amor propio. Em Nadal, J. (Ed.), *El mundo que viene*. Madrid: Alianza.
- SEN, A. (2000). *Desarrollo y Libertad*. Barcelona: Planeta.
- SILVER, D. e VALLELY, B. (1998). *Lo que tu puedes hacer para salvar la Tierra*. Salamanca: Lóguez.
- TILBURY, D. (1995). Environmental Education for Sustainability: defining the new focus of environmental education in the 1990s, *Environmental Education Research*, 1(2), 195-212.
- TRAVÉ, G. e POZUELOS, F. (1999). Superar la disciplinarietà y la transversalidad simple: hacia un enfoque basado en la educación global, *Investigación en la Escuela*, 37, 5-13.
- TUXILL, J. (1999). Valoración de los beneficios de la biodiversidad. Em Brown, L. R., Flavin, C. e French, H. (Eds.). *La situación del mundo 1999*. Barcelona: Icaria Ed.
- TUXILL, J. e BRIGHT, C. (1998). La red de la vida se desgarrar. Em Brown, L. R., Flavin, C. e French, H. (Eds.). *La situación del mundo 1998*. Barcelona: Icaria Ed.
- VERCHER, A. (1998). Derechos Humanos y Medio Ambiente, *Claves de razón práctica*, 84, 14-21.
- VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*. Madrid: Cambridge University Press.



QUARTA PARTE

A DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS COMO UM NOVO CORPO DE CONHECIMENTOS

Esta quarta parte apresenta, a modo de recapitulação, a evolução do estatuto epistemológico da didática das ciências até à sua configuração como corpo específico de conhecimentos, centrado nos problemas que se colocam ao processo de ensino/aprendizagem das ciências:

CAPÍTULO 8. *A Emergência da Didática das Ciências como Campo Específico de Conhecimentos*



Capítulo 8*

A EMERGÊNCIA DA DIDÁCTICA DAS CIÊNCIAS COMO CAMPO ESPECÍFICO DE CONHECIMENTOS

Introdução

A finalidade deste estudo é contribuir para um melhor entendimento da natureza actual da Didáctica das Ciências como domínio epistemológico emergente. Em sintonia com tal finalidade este trabalho organiza-se em duas partes articuladas. Na primeira analisaremos a emergência da Didáctica das Ciências como disciplina científica. Para isso, começaremos por discutir qual o interesse que pode ter uma breve revisão histórica seguindo-se uma análise das razões da emergência da nova disciplina, da sua evolução e de alguns obstáculos que continuam a colocar-se ao seu desenvolvimento. Na segunda parte apresentaremos de modo sumário as principais linhas actuais de investigação na Didáctica das Ciências, dando especial atenção aos desafios que se apresentam actualmente neste campo. Terminaremos referindo-nos às perspectivas que a Investigação na Didáctica das Ciências abre, tendo em vista uma actividade docente mais criativa e interessante.

* Este capítulo teve por base o seguinte trabalho: CACHAPUZ, A., PRAIA, J., GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J. e MARTÍNEZ-TERRADES, F. (2001). A emergência da didáctica das ciências como campo específico de conhecimento. *Revista Portuguesa de Educação*, 14(1), 155-195.

A didáctica das ciências como disciplina científica emergente: uma breve revisão histórica

Talvez a melhor justificação da necessidade desta revisão histórica sejam as consequências resultantes do que Linn (1987) denomina “a amnésia crónica” que caracterizou a inovação e a investigação na Didáctica das Ciências. Uma amnésia que conduziu, frequentemente, à re-introdução de propostas já declaradas como ineficazes e a estudos pontuais, carentes de fundamentação. Estes factos foram não só obstáculos para a procura de coerência entre os elementos obtidos referentes aos distintos aspectos do processo de ensino/aprendizagem das ciências (aprendizagem de conceitos, práticas de laboratório, resolução de problemas, avaliação...) como também a discriminação de outros trabalhos realizados por outros colegas da mesma área. Deste modo, as tentativas de inovação foram-se ajustando ao movimento browniano, produzindo uma certa agitação ... sem contudo provocar mudanças efectivas (Novak, 1982).

Referir estes problemas não significa atribuir incompetência a quem nos precedeu. Pelo contrário, este comportamento é o que se deve verificar em qualquer domínio em que não exista tradição científica e em que os problemas estejam relacionados com uma impregnação ambiental e que, muitas vezes, quando “o que sempre se fez” se torna insuficiente — trata-se de inovações pontuais, não fundamentadas, que inclusivamente ignoram outros esforços e resultados inovadores. Dito de outro modo trata-se da conhecida metáfora do “pára arranca”.

Trabalhos realizados com maior fundamentação, que podem conduzir à emergência de um novo campo de conhecimentos, só ganham verdadeiramente importância quando as dificuldades começam a acumular-se, tornando-se inevitável a procura de novas soluções para a resolução de alguns problemas. Contudo, mesmo assim, essa necessidade não supõe uma aceitação imediata por parte dos pares. No caso concreto da Didáctica das Ciências, é preciso ter em conta as tradições docentes (e sociais) extremamente enraizadas que consideram o ensino uma tarefa simples, para a realização da qual basta conhecer a matéria, ter alguma prática docente e ter alguns conhecimentos “pedagógicos” de carácter geral.

McDermott (1990) e Viennot (1997) mostraram as insuficiências de uma formação de professores que separa os conteúdos científicos dos pedagógicos, evidenciando a necessidade de um tratamento global, integrado, de problemas específicos que se colocam no processo de ensino/aprendizagem das ciências. Uma revisão histórica dos problemas que foram surgindo na educação científica, das tentativas da sua resolução e dos seus resultados, pode contribuir para

mostrar a necessidade de tratamentos científicos mais específicos, e, em última instância, questionar uma tradição, que ao contemplar o ensino das ciências (ou de qualquer outra área de ensino) como uma tarefa simples, bloqueia a possibilidade de uma evolução fundamentada.

Por outro lado, convém recordar que, em relação a domínios científicos bem estabelecidos, que se encontram na fase de desenvolvimento “normal” — no sentido que Khun atribui a esta expressão — não é comum levantarem-se questões sobre a sua especificidade, origens, etc. Mas quando uma ciência começa a surgir, estas questões são absolutamente necessárias — ou, se preferirmos, inevitáveis — pois a sua emergência é realizada com dificuldade, tendo de vencer obstáculos, abrir novos caminhos, etc. A clarificação epistemológica e as opções epistemológicas constituem neste caso uma necessidade para prosseguir e acompanhar todo o processo de constituição da nova área científica.

E é precisamente isto que está a acontecer no campo da Didáctica das Ciências, aliás como se vê pela ampla bibliografia, publicada ao longo das duas últimas décadas, sobre as perspectivas de inovação e investigação, sobre os métodos de investigação ... ou seja, sobre o seu estatuto como disciplina científica e mesmo sobre o seu objecto de estudo (Bowen, 1975; Berger, 1979; Yager e Kahle, 1982; Bauman, 1983; Klopfer, 1983; Tiberghien, 1983 e 1985; Welch, 1985; Penick e Yager, 1986; Linn, 1987; Cañal e Porlán, 1988; Jiménez, 1988; Valente, 1988; Novak, 1989, Furió e Gil-Pérez, 1989; Aliberas, Gutiérrez e Izquierdo, 1989; Viennot, 1989; Kempa, 1991; Porlán, 1993a; Gil-Pérez, 1994 e 1996; Cachapuz, 1997; Martínez-Terrades, 1998; Porlán, 1998; Cachapuz et al., 2001).

Podíamos analisar a emergência de qualquer outro campo científico e teríamos, concerteza, as mesmas dificuldades de clarificação da sua constituição como domínio científico (Coll, 1988). São dificuldades que giram em torno de perguntas como: Porquê um novo domínio? Ou, quais são os seus vínculos com outros campos do conhecimento já estabelecidos? Tentaremos, em seguida, responder a estas perguntas, começando por fazer uma breve revisão histórica, cujo interesse — ou melhor necessidade — tentámos justificar.

Razões da emergência da Didáctica das Ciências como novo campo de conhecimentos

O desenvolvimento de um novo campo de conhecimentos aparece quase sempre associado a condições como :

- a existência de uma problemática relevante, susceptível de despertar um interesse suficiente que justifique os esforços necessários ao seu estudo;

- o carácter específico dessa problemática, que impeça o seu estudo por outro corpo de conhecimentos já existente e
- o contexto sócio-cultural, bem como a recursos humanos — condições externas.

Tentaremos mostrar, ao longo deste trabalho, que estas condições se impõem no caso da Didáctica das Ciências. No que respeita à sua relevância, basta referir a importância social concedida, há já algumas décadas, à educação científica (Dewey, 1916; Langevin, 1926); uma importância que foi crescendo, principalmente nos últimos tempos. A tradicional importância concedida aos progressos relativos à educação científica e tecnológica, que tornem possível o desenvolvimento *futuro* de um país, foi dando lugar à consciencialização de que a alfabetização de todos os cidadãos é uma necessidade *urgente*, ou seja, trata-se de um requisito para um desenvolvimento imediato.

Assim, por exemplo, a administração USA, tornou a educação uma prioridade, e anuncia no National Science Education Standards, auspiciados pelo National Research Council (1996): “*Num mundo repleto de produtos resultantes da ciência, a alfabetização científica tornou-se uma necessidade para todos nós.*” E é por isso que não se estranha que se tenha chegado a estabelecer uma analogia entre a alfabetização básica iniciadas no século passado e o actual movimento de alfabetização científica e tecnológica (Fourez, 1997).

Contudo, junto a esta crescente importância concedida à educação científica, encontramos um enorme fracasso escolar, aliado a uma crescente rejeição aos estudos científicos e a uma atitude negativa face à ciência (Simpson et al., 1994; Giordan, 1997). Estes resultados decepcionantes, que afectam tanto o ensino secundário como o superior, têm sido motivo de preocupação que não pode ser justificada com explicações simplistas (baseadas, p. e., na suposta “incapacidade” da maioria dos alunos) pondo em relevo graves deficiências do ensino (Yager e Penick, 1983; Porlán e Martín, 1994).

Estes dois factos — a necessidade de uma educação científica para todos e as dificuldades que lhe são inerentes — culminam numa problemática de indiscutível interesse que deu origem, primeiro a tentativas de renovação do ensino das ciências, que conta já com uma grande tradição (Cañal, 1998) e, em segundo, como tentaremos mostrar, ao crescente desenvolvimento de uma investigação científica em torno dos problemas de ensino e da aprendizagem das ciências, quer dizer, a emergência de um novo campo de conhecimentos. Mas para isso, repetimos que, foi necessário um longo período de inovações ... que foram mostrando as suas limitações e a necessidade de estudos mais rigorosos, de propostas mais fundamentadas.

Não podemos aqui descrever o longo processo de inovações e os seus limitados resultados (Ausubel, 1968; Giordan, 1978; Gil-Pérez, 1983; Hodson, 1985; Millar e Driver, 1987...), mas há alguns factos que devemos salientar.

Assim, p.e., em relação à perspectiva da “Aprendizagem Por Descoberta” não podemos fazer referência apenas aos seus fracos resultados, ao seu fracasso ao tentar favorecer uma aprendizagem das ciências mais efectiva, baseada num indutivismo extremo e na desvalorização dos conteúdos. Na verdade, não nos podemos esquecer que este movimento foi um elemento dinamizador do ensino que ainda permanecia ancorado em tradições assumidas acriticamente — ensino por transmissão — (dando lugar à eclosão de projectos como Nuffield, PSSC, BSCS, CHEM, ESCP, SAPA, ASEP, etc.) e que esteve na origem de posteriores reestruturações, cuja atenção era dirigida para as concepções docentes acerca da ciência, provocando uma revisão crítica das mesmas, etc. *Insistimos que muito mais importante do que os seus erros é o facto de ter iniciado um processo de inovação e, posteriormente, de investigações sistemáticas, nas quais permanecemos imersos* (Gil-Pérez, 1994).

Sem esforços de inovação como este e sem tomar em consideração os seus resultados, não é possível o desenvolvimento de uma investigação sistemática. Mas isto também não era suficiente para que a Didáctica das Ciências se convertesse num novo campo de conhecimentos. Aliás, a função destas primeiras investigações deveria ser — e foi — responder a estudos pontuais, desprovidos de teoria (Klopfer, 1983) e servirem para simples aplicações da psicologia da educação ou da psico-pedagogia (Coll, 1988). Desta forma respondia à ideia da didáctica “como dimensão prática, cuja função era organizar uma práxis educativa com as propostas elaboradas” pelas “ciências da educação” (Pérez Gómez, 1978).

De facto a psicologia da educação assumiu-se como um corpo de conhecimentos muito antes de podermos falar de Didácticas Específicas, principalmente porque a preocupação dos problemas de ensino e aprendizagem se centraram inicialmente no ensino do 1º ciclo. De qualquer modo, até há bem pouco tempo, a única sistemática associada às concepções docentes espontâneas, fruto de uma impregnação ambiental acrítica, procedia da psico-pedagogia. Ou seja, o impulso necessário para que os conhecimentos dos processos de ensino/aprendizagem assumissem uma categoria teórica era proveniente da psicologia da educação. Daí que, parece ser plausível que os estudiosos de matérias científicas se dirijam ao campo da psico-pedagogia sempre que procuram explicações para as dificuldades encontradas, para alternativas ou sugestões.

No entanto, tais tentativas de aplicação de construções teóricas da psicologia da educação não são suficientes para uma resposta efectiva a todos os

problemas do ensino/aprendizagem das ciências. Os mesmos psicólogos da educação compreenderam que não se pode falar da aprendizagem do conhecimento “em geral” (Carretero, 1987) ou, dito de outra forma, rejeitaram a ideia de equivalência, segundo a qual as leis de aprendizagem são aplicadas de igual forma independentemente do meio ambiente, espécies ou indivíduos (Pozo, 1989). Analogamente, Shulman (1987), com a metáfora do “paradigma perdido”, (auto)criticou o erro dos pedagogos que ignoraram o papel central dos conteúdos no processo de ensino/aprendizagem.

Todos estes factos levantaram a possibilidade de incorporar a Didáctica das Ciências na psicologia educativa, como aplicação desta, reduzindo-a assim a uma “dimensão prática”. A existência de problemas, e os avanços na forma como são tratados, deveriam ser fruto de investigações em torno de problemas *específicos* de ensino/aprendizagem das ciências, traduzindo-se assim na construção de um corpo de conhecimentos coerente.

Na parte do trabalho que se segue, tentaremos mostrar, recorrendo a múltiplos indicadores, que a Didáctica das Ciências sofreu este processo e que actualmente, constitui um domínio específico de investigação e de conhecimento.

Evolução do estatuto da didáctica das ciências experimentais

Como refere Gabel (1994) no prólogo de *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, desde 1927 têm sido publicados trabalhos e resumos sobre a investigação realizada no campo do ensino e aprendizagem das ciências. No entanto, no início dos anos 80, ao analisar esta investigação, Klopfer (1983) constatou que a Didáctica das Ciências ainda se encontrava num período pré-paradigmático, ou seja, pré-teórico, no qual as investigações tinham um carácter pontual, não integrando um corpo coerente de conhecimentos. E se isto se verificava no mundo anglo-saxónico, em países como França ou Itália o processo era ainda mais lento (Tiberghien, 1985).

No que se refere, p. e., quer a Espanha quer a Portugal e, em geral, ao mundo ibero-americano, pode-se dizer que no princípio dos anos 80 havia um vazio quase total neste campo: não existiam, nomeadamente, revistas em castelhano ou em português que pudessem servir de efectiva comunicação e impulso e as publicações internacionais eram no essencial desconhecidas; as Faculdades de Ciências rejeitavam, ou simplesmente ignoravam, os problemas educativos como temas de investigação e a elaboração de teses de doutoramento; os currículos dos professores, não só não incluíam nenhuma preparação de investigação educativa

como frequentes, nem sequer a referiam; e por último, não se conhecia nenhum grupo organizado de investigadores — apenas alguns a trabalhar isoladamente — com dedicação e empenhados no seu desenvolvimento.

Contudo, ao mesmo tempo, foram sendo diagnosticados outros sinais que permitiam conceber a possibilidade de um rápido desenvolvimento da investigação na Didáctica das Ciências. Com efeito, ao longo dos anos 70, tinham-se constituído, particularmente a nível do ensino secundário, numerosos grupos de docentes preocupados pelo crescente insucesso escolar — associado ao acesso de amplas camadas de população ao ensino básico (3º ciclo) e secundário — e desejosos de introduzir propostas inovadoras mais efectivas. Desconhecendo os esforços procedentes da comunidade científico-educacional internacional, os seus sucessos e fracassos, trabalharam durante mais de uma década, o que, sem dúvida limitou a sua eficiência. Mas o dinamismo e a persistência de muitos destes grupos — cujos esforços pela renovação se centravam na luta pela transformação democrática da sociedade espanhola e portuguesa — possibilitou um melhor estudo de problemas que só podiam encontrar resposta na articulação da inovação com a investigação.

No final da década de 80, Aliberas, Gutiérrez e Izquierdo (1989), com base na obra de Toulmin (1977) *La comprensión humana*, e na sua concepção das disciplinas científicas como empresas racionais da e em evolução, concluíram “Assistimos ao nascimento de uma nova disciplina, a Didáctica das Ciências”. No princípio dos anos 90, Hodson (1992) afirmou: “Actualmente já é possível construir um corpo de conhecimentos no qual se integram coerentemente os distintos aspectos relativos ao ensino das ciências”.

O que é que aconteceu nesse período de pouco mais de uma década? Até que ponto ocorreu uma mudança no estatuto da Didáctica das Ciências? A nossa opinião é que a Didáctica das Ciências já estava a constituir-se como domínio específico de conhecimentos, com os elementos próprios de uma disciplina científica, como: a comunidade científica, órgãos de expressão, linhas de investigação bem definidas e, sobretudo estava a conseguir não só os consensos gerais como também a integração dos diferentes aspectos dos corpos de conhecimento, introduzindo-os na sala de aula e na formação dos professores de ciências.

Num dos anteriores trabalhos de recapitulação (Gil-Pérez, 1994) referimos os primeiros indicadores que pareciam apoiar a nossa hipótese e numa recente tese de doutoramento (Martínez-Terrades, 1998) aprofundámos este estudo, obtendo resultados que reforçam a tese da emergência da didáctica das ciências como disciplina científica.

Comentaremos, a título de exemplo, alguns destes resultados:

Vamos referir-nos, em primeiro lugar, à evolução dos órgãos de expressão e ao número de trabalhos publicados. A revista *Science Education* apareceu em 1916, e foi preciso esperar até 1963 para que aparecesse o *Journal of Research in Science Teaching* e até 1972 para a publicação de *Studies in Science*. Por outro lado, a partir da década de 80 começaram a aparecer numerosas revistas como a *European Journal of Science Education*, *Enseñanza de las Ciencias*, *The Australian Journal of Science Education*, *ASTER*, *Science and Technological Education*, *la Revista de Enseñanza de la Física*, *O Ensino de Física*, *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, *Investigación en la Escuela*, *Didaskalia*, *Alambique*, etc., etc; aparecendo também revistas especializadas em aspectos concretos como *Science & Education* (em 1991), destinada ao estudo do papel da História e Filosofia das Ciências no ensino das Ciências e *Aliage*, publicada desde 1989 e centrada nas interações Cultura-Ciência-Tecnologia. Em Portugal referem-se a *Revista Portuguesa de Educação* da Universidade do Minho (1988) e a *Revista de Educação* da Faculdade de Ciências de Lisboa (1989), como dois espaços importantes no âmbito da Educação em Ciência, a que se acrescenta, também pela sua divulgação entre os professores, as revistas *Inovação* do Instituto de Inovação Educacional, *Aprender e Educare-Educere*, respectivamente das Escolas Superiores de Educação de Portalegre e Castelo Branco.

Além deste aumento do número de revistas, ocorreu também um aumento da sua periodicidade e do número de páginas. Assim o *International Journal of Science Education*, aparecido em 1979 como *European Journal of Science Education* com 4 números por ano, publica actualmente 10 números. E, para citar outro exemplo, a revista *Enseñanza de las Ciencias*, praticamente triplicou o número de páginas de cada número.

Ao mesmo tempo, revistas educativas de carácter mais geral como *Harvard Educational Journal Review*, *Review of Educational Research*, *Instructional Science*, *Learning and Instruction*, *Cognition and Instruction*, e as espanholas *Infancia y Aprendizaje*, *Cuadernos de Pedagogía*, *Bordón*, *Revista de Educación* publicam com frequência crescente trabalhos relativos à educação em ciência. Também as revistas tradicionais centradas em conteúdos científicos, como o *Bulletin de l'Union des Physiciens*, *Journal of Chemical Education*, *American Journal of Physics*, *Gazeta de Física* e *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, etc., estão a publicar trabalhos de inovação e investigação na Didáctica das Ciências.

Como consequência, o número de trabalhos publicados por ano, o número de Teses de Doutoramento, de congressos internacionais, etc., etc., cresceram a um ritmo alucinante.

Se por outro lado, observarmos as referências bibliográficas — que são um dos indicadores mais mencionados pelos comentadores — também pode-

mos constatar mudanças igualmente notáveis. Assim, p.e., se compararmos os trabalhos publicados numa das revistas mais conhecidas — *Journal of Research in Science Teaching* — entre 1976 e 1992, verificamos que o número de referências a outros artigos de revista praticamente duplicou, o que sugere uma maior e melhor fundamentação teórica.

A análise das referências bibliográficas também nos permite extrair informações sobre quais os autores e artigos mais citados. A este respeito, pudemos constatar uma drástica diferença entre meados dos anos 70 e princípio dos 90: os artigos chave, aqueles que aparecem frequentemente citados, correspondem actualmente, a autores cuja actividade investigadora se têm desenvolvido, nos últimos anos, *no campo da Didáctica das Ciências*. De facto, autores como Aikenhead, Astolfi, Driver, Duit, Duschl, Gilbert, Hewson, Hodson, Giordan, Kempa, Larkin, Linn, Lawson, Martinand, Matthews, McDermott, Novak, Nussbaum, Ogborn, Osborne, Penick, Posner, Reif, Resnick, Schibeci, Solomon, Tiberghien, Tobin, Viennot, Wittrok, Yager e muitos, muitos outros *são nossos colegas na Didáctica das Ciências* enquanto os autores mais citados nos anos 70 (Piaget, Inhelder, Campbell, Bloom, Bruner, Gagné, Ausubel...) trabalhavam noutros campos.

Um acontecimento de maior interesse, foi o aparecimento na década de 90 dos primeiros Handbooks (Gabel, 1994; Fraser e Tobin, 1998), claramente estruturados com linhas de investigação *inter-relacionadas* — como pudemos comprovar pela análise das referências bibliográficas, que são muitas vezes as mesmas (Martínez Terrades, 1998), o que apoia a tese de Hodson (1992) de que há uma integração dos distintos aspectos do ensino/aprendizagem das ciências nos modelos teóricos de aprendizagem das ciências (na segunda parte deste trabalho faremos algumas considerações a este respeito).

Referiremos, por último, os resultados, bastante animadores, que a incidência da Didáctica das Ciências tem tido nos diferentes aspectos da realidade educativa. É possível constatar, p.e., que os textos normativos de alguns países começam a ter uma orientação coerente com os resultados da investigação na Didáctica das Ciências. Isto ocorre, p.e., no caso da *National Science Education Standards*, que aceita propostas para a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos norte-americanos do século XXI (National Research Council, 1996).

Os programas de formação de professores também sofreram transformações do mesmo tipo, verificando-se neste momento um corte com o modo tradicional. Este modo tradicional de ensino, claramente ineficaz (McDermott, 1990), está a dar lugar a um tratamento mais específico dos problemas do ensino/aprendizagem das ciências (Furió e Gil-Pérez, 1989; Bárrios, Maskill e Pereira, 1989; Thomaz, 1990; Morais, Ponte e Valente, 1993).

Todos estes resultados, quantitativos e qualitativos — aos quais se pode acrescentar a aceitação, por parte da Universidade, da Didáctica das Ciências como área de conhecimento e das percepções dos investigadores e, em geral, dos próprios professores de ciências obtidas em questionários e entrevistas — reforçam a tese da emergência da Didáctica das Ciências como nova disciplina científica com uma certa incidência, quer na formação dos professores quer na orientação do trabalho nas aulas. No entanto, isto não quer dizer que podemos considerar que a nova disciplina esteja consolidada e que se encontre numa fase de desenvolvimento “normal”. Existem ainda numerosos obstáculos a esta consolidação; obstáculos esses que é preciso conhecer para evitar expectativas ilusórias e, conseqüentemente, frustrações. Abordaremos, de seguida esta questão.

Alguns obstáculos a ter em conta

Até aqui referimos uma série de factos que mostram como, ao longo das últimas duas/três décadas, a Didáctica das Ciências se desenvolveu de uma forma pungente, considerada uma autêntica revolução que deu lugar, graças ao empenho de todos os professores de ciências, à emergência de uma nova disciplina científica. Esta abre novas perspectivas para um tratamento mais rigoroso e eficaz dos problemas que surgem no ensino e na aprendizagem das ciências. No entanto, é preciso ter consciência das dificuldades e do longo caminho que ainda é preciso percorrer para atingirmos uma fase de desenvolvimento científico “normal” da Didáctica das Ciências. Iremos referir, de seguida, algumas dessas dificuldades.

Já mencionámos que a primeira dificuldade deriva dos vínculos existentes entre a Didáctica das Ciências e a Psicologia, ou se se preferir, e as “Ciências da Educação”. Embora alguns destes vínculos sejam positivos, há quem considere que a Didáctica das Ciências ainda tem um papel meramente prático, de aplicação dos conhecimentos teóricos elaborados pelas Ciências da Educação. É preciso chamar a atenção contra esta concepção exclusivamente instrumental da Didáctica das Ciências, que constitui um importante obstáculo ao seu desenvolvimento como campo específico de conhecimentos com capacidade para tratar dos problemas de ensino/aprendizagem das ciências.

É necessário enfatizar o facto, de que com isto não estamos a promover uma “ruptura de relações”. Pelo contrário, trata-se de fazer um maior aproveitamento do que podemos conseguir da Psicologia da Educação, sem cair nas, claramente ineficazes, aplicações mecânicas. Aliás, é a existência de um corpo próprio de conhecimentos sobre o ensino e a aprendizagem das ciências que

torna possível a integração desses conhecimentos adquiridos da Psicologia da Educação (Gil-Pérez, 1993a).

Convém também ter presente que a Didáctica das Ciências tem relações privilegiadas, não só com a psicologia educativa, mas também com a História e Filosofia da Ciência. A título de exemplo, pensemos que as críticas feitas ao indutivismo por autores como Bachelard, Bunge, Feyerabend, Kuhn, Lakatos, Laudan, Popper, Toulmin, etc., permitem compreender, do ponto de vista estritamente epistemológico, a relevância das primeiras concepções dos alunos quando confrontados com problemas científicos. De facto, para numerosos autores, as bases do actual conceito construtivista são perfeitamente coerentes com um modo de ensino que tente aproximar a aprendizagem das ciências às características de uma investigação científica dirigida (Gil-Pérez e Martínez Torregrosa, 1987a; Burbules e Linn, 1991; Duschl e Gitomer, 1991; Gil-Pérez et al., 1991; Porlán, 1993b; National Research Council, 1996 ...).

Considerar a Didáctica das Ciências uma simples aplicação prática das Ciências da Educação pode fazer com que ignoremos a importância da epistemologia da ciência para uma melhor aprendizagem das ciências. Possivelmente é essa a razão pela qual, até há bem pouco tempo, as relações entre a didáctica e a história e a filosofia das ciências eram bem mais fracas (Matthews, 1994a). Isto parece entrar em contradição com a afirmação de Porlán (1998) de que a origem da Didáctica das Ciências “está mais vinculada às ciências experimentais”. Mas, o que realmente ele quer dizer, pensamos, é que alguns professores de “Didáctica das Ciências”, em algumas Faculdades de Ciências ou em Cursos de Formação Pedagógica se limita(va)m a ensinar conteúdos científicos e a apresentar um “Método Científico” que oferecia uma visão absolutamente deformada da actividade científica (Valente, 1980) — devido, precisamente, a perspectivas inadequadas do papel da História e da Filosofia da Ciência (Praia e Cachapuz, 1994, 1998; Praia, 1995).

Um estudo cuidadoso das implicações da história e da filosofia da ciência na didáctica das ciências é relativamente recente (Matthews, 1994a) e responde às necessidades do próprio desenvolvimento teórico da didáctica (Gil-Pérez, 1993b), o que, mais uma vez, põe em relevo a importância que o desenvolvimento teórico tem para tornar possível a integração de conhecimentos procedentes de outros campos.

Em suma, chamamos a atenção contra a concepção de uma Didáctica das Ciências que seja apenas uma aplicação prática da psicologia da aprendizagem. Trata-se, insistimos, de um importante obstáculo para o seu desenvolvimento que em si mesmo implica a perigosa crença de que ensinar é uma actividade

simples para a qual basta apenas ter conhecimentos científicos e alguma prática. Enquanto esta crença existir — na sociedade, nas autoridades acadêmicas e sobretudo *nos próprios docentes* — a Didáctica das Ciências terá uma influência muito limitada sobre as actividades escolares, o que, por sua vez, se converte num sério obstáculo para o desenvolvimento do novo corpo de conhecimentos.

Como referimos anteriormente, vários países começam a valorizar nas suas propostas curriculares os resultados da investigação na Didáctica das Ciências. Aliás, estão a surgir cursos que visam transmitir aos professores as novas perspectivas, o mesmo acontecendo com os textos elaborados para orientar as aulas. Temos então, de esperar uma ampla difusão dos resultados da investigação didáctica e a rejeição das concepções simplistas relacionadas com o ensino e aprendizagem das ciências. Contudo, as investigações realizadas sobre os processos de reforma curricular têm revelado que a transmissão aos professores das propostas feitas pelos especialistas têm sido pouco eficazes (Briscoe, 1991; Bell, 1998)

Compreendeu-se assim a necessidade dos professores participarem na construção dos novos conhecimentos didácticos. Sem esta participação, resulta difícil que nós professores consigamos levar a cabo mudanças curriculares restando-nos apenas esperar por uma atitude de rejeição a esta ideia (Gil-Pérez, Furió e Gavidia, 1998).

Como consequência, a estratégia potencialmente mais frutífera para que os professores se apropriem dos resultados da investigação didáctica e assumam as propostas curriculares que daí derivam, consistiria em implicar os professores na investigação dos problemas de ensino/aprendizagem das ciências que se apresentam na sua actividade docente (Cachapuz, 1995b).

É claro que não se trata de que cada professor ou grupo de professores tenha de construir, isoladamente, todos os conhecimentos didácticos elaborados pela comunidade científica, mas sim de proporcionar-lhe o apoio necessário para que participe na reconstrução/apropriação desses conhecimentos (sem recorrer, para isso a uma transmissão ineficaz). Só assim os docentes poderão apropriar-se dos resultados da investigação didáctica; passando a investigação a ser devidamente valorizada e a exercer uma influência real na aula, articulando investigação com inovação.

Estamos, sem dúvida, longe de uma situação ideal, em que a maioria dos professores de ciências associe a sua actividade ao desenvolvimento da investigação didáctica. Isto exigirá mudanças profundas — com claras implicações laborais — no conceito social da actividade docente. Mas, podemos afirmar que os professores que já começaram a associar a sua docência à investigação didáctica, não só obtêm melhores resultados com os seus alunos, como também

a docência adquire para eles um novo interesse, sendo uma actividade aberta e criativa, promotora do seu crescimento profissional.

O desenvolvimento da Didáctica das Ciências está estreitamente ligado à possibilidade de enriquecimento da actividade docente e a uma aprendizagem mais estimulante e satisfatória. Na nossa opinião, isso constitui o melhor trunfo da Didáctica das Ciências contra as dificuldades já mencionadas. Pensamos que é preciso ter em conta os dois aspectos — dificuldades e perspectivas — para podermos incidir positivamente no desenvolvimento da nova disciplina e, em última instância, melhorar o ensino e aprendizagem das ciências.

Um campo específico de investigação

Podemos dizer que a Didáctica das Ciências constitui, em particular, um campo específico de investigação a partir do momento em que as problemáticas que lhe estão subjacentes são o ensino e a aprendizagem das ciências, quer dizer, na medida em que os conhecimentos científicos são específicos e não podem aprender-se (nem, portanto, ensinar-se) da mesma maneira que, p.e., os Musicais ou os de Educação Física. Já referimos anteriormente a importância dos conteúdos no processo de aprendizagem (Shulman, 1987) e por conseguinte a rejeição da ideia de equipotencialidade, segundo a qual existiriam leis gerais de aprendizagem igualmente aplicáveis a todos os ambientes (Pozo, 1989).

Assumindo tudo isto, o nosso propósito nesta parte do trabalho é apresentar de uma forma breve progressos realizados pela investigação na Didáctica das Ciências, os seus actuais desafios e perspectivas. Em primeiro lugar faremos uma referência a algumas das principais linhas de trabalho que têm mantido o interesse dos investigadores ao longo destas últimas décadas e que marca(ra)m a emergência da Didáctica das Ciências como disciplina científica. De seguida focaremos alguns dos principais desafios com que se enfrenta actualmente a investigação e, por último, abordaremos, as perspectivas para o futuro.

Principais linhas da investigação na didáctica das ciências

Uma boa forma de conhecer quais têm sido as principais linhas de investigação na Didáctica das Ciências é, sem dúvida, analisar o conteúdo das revistas internacionais neste campo. Isto foi o que fez recentemente Martínez Terrades (1998) lidando directamente com mais de 1000 artigos e um pouco mais de 25000 referências bibliográficas. Além disso, hoje dispomos dos Handbooks (Gabel,

1994; Fraser e Tobin, 1998) e de numerosos livros que oferecem visões panorâmicas ou reflexões globais sobre a Didática das Ciências e o Ensino das Ciências (Giordan, 1985; Morais, Barradas, Rainha e Neves, 1986; Harlen, 1989; Duschl, 1990; Andrade, 1991; Gil-Pérez et al., 1991; Oliveira, 1991; Develay, 1992; Pereira, 1992; Morais et al., 1992, 1993; Valadares e Pereira, 1991; Porlán, 1993b; Astolfi e Develay, 1993; Josuha e Dupin, 1993; Cachapuz, 1995a; Demounem e Astolfi, 1996; Jiménez Aleixandre, 1996; Del Carmen et al., 1997; Miguéns et al., 1996 e Silva, 1999).

Como é normal, os distintos autores não consideram prioritárias as mesmas linhas de investigação: neste, tal como em qualquer outro domínio científico, cada um tende a privilegiar determinados temas sobre outros. No entanto, correndo o risco de esquecer algumas, refiram-se que há um número suficiente de problemáticas reconhecidas como prioritárias para a generalidade dos investigadores.

Hoje ninguém duvida, p.e., — embora alguns o tenham feito inicialmente (McClelland, 1984) — da importância das investigações no campo das designadas “**concepções alternativas**”. Um estudo realizado por Duit (1993) mostrou o crescimento explosivo de trabalhos publicados internacionalmente nesta área. Por outro lado, Martínez Terrades (1998), centrando-se no caso da Espanha, recolhe mais Teses de Doutoramento sobre esta temática, lidas até 1994, que sobre outros assuntos (Carrascosa, 1987; Llorens, 1987; Cañal, 1990; Jiménez, 1990; Rafel, 1990; Sanmartí, 1990; Carvalho, 1991; Pintó, 1991; Baillo, 1992; Caamaño, 1992; Pérez de Eulate, 1992; Puey, 1992; Serrano, 1992; Benlloch, 1993; De Posada, 1993; Gutiérrez, 1994; Marín, 1994; Martín del Pozo, 1994; Montanero, 1994; Núñez, 1994; Oliva, 1994). Da mesma maneira, em Portugal muitos foram os estudos que conduziram a Teses de Doutoramento (Vasconcelos, 1987; Veiga, 1988; Martins, 1989; Duarte, 1993; Leite, 1993; Marques, 1994; Silva, 1997) e a Teses de Mestrado (Duarte, 1987; Faria, 1987; Freitas, 1987; Loureiro, 1987; Correia, 1990; Marques, 1988; Santos, 1989; Campos, 1996; Dourado, 1994; D’Orey, 1998; Figueiredo, 1999 e Ramos, 2000), bem como a trabalhos significativos neste domínio (Sequeira e Duarte, 1991; Sequeira e Leite, 1991). Também podemos referir-nos a numerosas revisões e seleções bibliográficas publicadas, p. e., em *Enseñanza de las Ciencias* ou em *Alambique* (Carrascosa, 1983 e 1985; Furió, 1986; Cervantes, 1987; Jiménez, 1987; Serrano, 1987; Perales e Nieva, 1988; Manrique, Varela e Favieres, 1989; Carrascosa e Gil-Pérez, 1992; Grau, 1993; De Manuel e Grau, 1996; Pedrinaci, 1996; Pintó, Aliberas e Gómez, 1996; Varela, 1996 e Sutton, 1997).

Além disso, trata-se de uma linha de investigação que continua a manter o interesse, como mostram os capítulos dos dois Handbooks citados (Wandersee, Mintzes e Novak, 1994; Hewson, Beeth e Thorley, 1998).

De facto estamos perante uma linha de investigação muito especial, que muito marcou a emergência da Didáctica das Ciências como nova disciplina científica. Laurence Viennot (1989), num interessante estudo sobre a investigação francesa, tentou explicar o porquê da abundância de investigação neste campo: as investigações sobre “ideias intuitivas”, “pré-concepções”, “representações”, etc. — assinala Viennot — dão lugar a resultados mais claros e convincentes do que os de outros estudos; e perante a necessidade de afirmação em pouco tempo sobre a efectividade da investigação científica, muitos investigadores se têm centrado neste campo.

Mas a importância adquirida por esta linha de investigação vai mais além da razão pragmática apresentada por Viennot estando associada ao facto de ter tido especial incidência no desenvolvimento da Didáctica das Ciências como corpo de conhecimentos. A investigação sobre as concepções alternativas colocou em questão a eficácia do ensino por transmissão de conhecimentos previamente elaborados, e, contribuiu de uma forma mais geral para levantar dúvidas sobre as visões simplistas da aprendizagem e do ensino das ciências, como a ideia docente de que ensinar é uma actividade simples para a qual basta apenas conhecer a matéria e ter alguma experiência.

Com efeito, a publicação dos primeiros estudos de Rosalind Driver (1973) e de Laurence Viennot (1976) chamam a atenção para este problema, que questionava a eficiência do ensino em aspectos em que os resultados eram aceitáveis, em particular que os estudantes pareciam ter menos dúvidas a responder a perguntas “teóricas” do que, p.e., resolver problemas. No entanto, tais estudos mostraram que a utilização de perguntas qualitativas simples punha em evidência graves problemas de conceptualização.

Esta qualidade da investigação de colocar em questão as pré-concepções, contribuiu mais do que qualquer outro estudo para problematizar o ensino/aprendizagem das ciências e para a ruptura das tradições assumidas sem qualquer crítica (Gil-Pérez, 1994).

Também não pode haver dúvidas acerca da importância de outras temáticas como frutíferas linhas de investigação. Podemos mencionar, p. e., **a resolução de problemas**, questão amplamente abordada em 6 dos 19 capítulos do primeiro Handbook de investigação do ensino e da aprendizagem das ciências (Gabel, 1994). Entre nós são numerosas as Teses de Doutoramento e de Mestrado dedicadas à resolução de problemas (Martínez Torregrosa, 1987; Cruz, 1989; Lopes, 1993 e 1999; Ramírez, 1990; Reyes, 1991; Oliveira, 1993; Oñorbe, 1993; Varela, 1994, Neto, 1995; Sá, 1996) e os livros publicados (Gil-Pérez e Martínez Torregrosa, 1987b; Gil-Pérez et al., 1991, cap. II; Ramírez, Gil-Pérez e Martínez

Torregrosa, 1994; Pozo et al., 1994; Carrascosa e Martínez, 1997); ao mesmo tempo, revistas como a *Alambique* também lhe dedicaram alguns números monográficos (Oñorbe, 1995). Por outro lado, convém destacar que no *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* se faz referência ao importante contributo neste campo de um grupo espanhol (Maloney, 1994, página 344).

Igual atenção foi concedida à investigação didáctica das **práticas de laboratório** (Johstone e Wham, 1982; Martins e Cachapuz, 1990; Gil-Pérez et al., 1991, cap. I; Miguens e Garrett, 1991; Cachapuz e Martins, 1993; Lazarowitz e Tamir, 1994; Caamaño, Carrascosa e Oñorbe, 1994; Lillo, 1994; Ruivo, 1994; Lopes, 1994; Bonito, 1996; Sá e Carvalho, 1997; Praia e Marques, 1997; Lunetta, 1998) e **práticas de campo** (Orion, 1993; Rebelo, 1998; Rebelo, Marques e Praia, 1999) dando as práticas de laboratório lugar a numerosas Teses de Doutoramento (Gené, 1986; Payá, 1991; González, 1994; Salinas, 1994...).

Além das três linhas de investigação já mencionadas — que cobrem a problemática associada às três componentes “clássicas” do ensino das ciências, quer dizer, “a teoria, os problemas e as práticas”- a investigação didáctica também prestou especial atenção a questões como, o **currículo** (Gil-Pérez et al., 1991, caps. VIII, IX e X; Barbosa, 1991; Freire, 1993; Thompson, 1993; Bybee e DeBoer, 1994; Del Carmen, 1996; García, 1998; Van Den Akker, 1998; Wallace e Loudon, 1998; Bybee e Bem-Zvi, 1998; Martins e Veiga, 1999; Cunha, 1999), à construção/validação e avaliação de **materiais didácticos**, nomeadamente sustentados na Epistemologia e na História da Ciência (Coelho, 1998; Paixão, 1998; Silva, 1999; Thompson et al., 2000) ou às **relações ciência/tecnologia/sociedade** e o **papel do meio** (García, 1987; Solbes e Vilches, 1989 e 1997; Jiménez e Otero, 1990; Gilbert, 1992; Jiménez, 1995; Catalán e Catany, 1996; Serrano, 1996; Santos, 1998), **linguagem e comunicação** no ensino e aprendizagem das ciências. De referir, neste último caso, estudos sobre a estrutura da comunicação na aprendizagem das ciências (Pereira, 1979); a problemática e uso da linguagem metafórica (Sutton, 1982; Cachapuz, 1989; Glynn et al., 1989; Donati e Gamboa, 1990; Tobin e Ulerick, 1995; Oliveira, 1997; Fernandes, 1999); a articulação entre linguagem, cultura e educação em Ciências (Maskill, Cachapuz e Koulaïdis, 1997); o uso de questões por professores e alunos no ensino e aprendizagem das Ciências (Winne, 1979; Moje, 1995; Pedrosa, 1991).

Recentemente outras problemáticas tornaram-se linhas prioritárias de investigação. Este é o caso da **avaliação** (Geli, 1986; Kempa, 1986; Gutiérrez et al., 1990, 4ª parte; Gil-Pérez et al., 1991, cap. VII; Alonso, 1994; Del Carmen, 1995; Jorba e San Martín, 1995; Tamir, 1998), **da formação dos professores** (Jorge, 1987; Trindade, 1991; Trindade e Oliveira, 1993; Fonseca e Conboy, 1994; Freire, 1999;

Freitas, 1999; Couto, 1996 e 1998), com particular interesse pelas **concepções epistemológicas dos docentes** (Porlán, 1989 e 1993b; Gil-Pérez, 1993b; Anderson e Mitchener, 1994; Praia e Cachapuz, 1994, 1998; Almeida, 1995; Praia, 1995; Carvalho e Gil-Pérez, 1995; Thomaz et al., 1996; Carnicer, 1998; Mumby e Rusell, 1998; Paixão, 1998; Porlán e Rivero, 1998; Paixão e Cachapuz, 1999), pela **história da ciência** (Gagliardi e Giordan, 1986; Gagliardi, 1988; Sequeira e Leite, 1988; Matthews, 1994a; Amador, 1998 e Valente, 1999) e pelas **questões axiológicas** que focam as diferenças de género, a crescente diversidade cultural, problemas de poder/políticos etc. (Morais, 1984; Neves, 1991; Fontes, 1992; Morais, Ponte e Valente, 1993; Fraser, 1994; Kahle e Meece, 1994; Atwater, 1994; Baker, 1998; Nichols et al., 1998; Antunes, 1999).

O importante não é constatar que estas e outras problemáticas foram — e são — abundantemente investigadas. O que nos permite falar de um corpo de conhecimentos — e, portanto, de uma autêntica investigação e não de estudos pontuais — é, o facto, de estas linhas de investigação aparecerem — como já referimos na primeira parte deste trabalho — cada vez mais integradas. Martínez Terrades (1998) mostrou esta integração ao analisar as referências “cruzadas” entre os diversos capítulos do Handbook editado por Gabel (1994). Podemos então afirmar que, felizmente, por fim se conclui que não vale a pena introduzir no processo de ensino/aprendizagem inovações eficientes, fruto de investigações rigorosas, se não se tem em conta os restantes aspectos. Linn (1987) refere, a propósito da avaliação, que para que as inovações curriculares se consolidem, é necessário que ocorram transformações similares na avaliação (longe ainda de serem sequer satisfatórias).

Esta atenção à globalidade conduz à ruptura das barreiras tradicionais do ensino das ciências, que, agora, se revelam sem fundamento. Referimo-nos, por exemplo, à clara distinção entre ensino e avaliação (considerada como algo que *seguia* o ensino). Como referiu Pozo (1992), “trata-se de conseguir a convergência total entre as situações de aprendizagem e avaliação”, explorando o potencial de avaliação das primeiras e tornando as segundas verdadeiras situações de aprendizagem (Alonso, Gil-Pérez e Martínez Torregrosa, 1996). O mesmo se aplica à articulação entre o chamado currículo intencional e o currículo em acção. Neste último caso, tal falta de articulação na concepção das reformas curriculares recentes em Espanha e Portugal, concorre fortemente para o limitado impacte de tais reformas.

Da mesma forma, as investigações realizadas em torno da aprendizagem dos “conceitos”, “dos problemas” (de lápis e papel) e “das práticas de laboratório” têm mostrado que a separação quase total que o ensino habitualmente introduzia entre elas (ao ponto de no ensino universitário serem compartilhadas,

muitas vezes, por distintos professores) carece de sentido, sendo necessário proceder à sua integração (Gil-Pérez et al., 1999).

Tudo isto conduz-nos a um corpo de conhecimentos estreitamente interconectados, no qual as distintas investigações se apoiam mutuamente. O progresso teórico e o progresso prático conseguidos em apenas duas décadas é impressionante. Contudo, isto não significa que não existam profundas divergências em torno de questões chave e sérias dificuldades para as quais ainda estamos muito longe de encontrar soluções. Iremos, na seguinte parte do trabalho referir alguns destes desafios mas, queremos desde já realçar que dificuldades e divergências formam parte do desenvolvimento de qualquer ciência e estão, frequentemente, na origem dos progressos mais relevantes.

Alguns desafios actuais

Até aqui tentámos mostrar como os resultados das diversas linhas de investigação da Didáctica das Ciências se integram num corpo coerente de conhecimentos. Mas, tão importante como mostrar os consensos e convergências é referir os debates e alternativas. A Didáctica das Ciências, tal como qualquer ciência jovem, é cenário de tensões e confrontos que afectam os aspectos chave e os métodos de investigação do corpo de conhecimentos em construção (Jiménez e García Rodeja, 1997).

Não é pois, de estranhar, que o *International Handbook of Science Education* (Fraser e Tobin, 1998) dedique toda uma secção à discussão dos métodos de investigação, tendo alguns artigos que abordam com algum detalhe, entre outros, os métodos qualitativos (Erickson, 1998) ou a análise de dados verbais (Lemke, 1998). Não podemos deter-nos aqui na análise das distintas orientações e remetemo-nos à ideia de Keeves (1998), de que há um consenso crescente em torno, precisamente, do interesse da diversidade metodológica.

Entre as questões que se colocam actualmente, elegemos, a título de exemplo, aquelas que nos parecem mais relevantes, como o papel das novas tecnologias da informação e da pertinência das orientações construtivistas como marco teórico. Iremos expô-las, de seguida, de uma forma necessariamente sucinta:

Papel das novas tecnologias na renovação do ensino

A utilização das novas tecnologias no ensino está plenamente justificada se tivermos em conta que um dos objectivos básicos da educação é “preparar os

adolescentes para serem cidadão de uma sociedade plural, democrática, e tecnologicamente avançada”. Assim, p. e., as actuais orientações curriculares do ensino espanhol contemplam a incorporação das “Novas Tecnologias da Informação como conteúdo curricular e também como meio didáctico” (MEC, 1989), situação semelhante à que vem ocorrendo, de forma acelerada, em Portugal.

São bem conhecidas as possibilidades que os computadores oferecem para a recolha e comparação de informações, proporcionando rápida retroalimentação, para simular e visualizar situações (Lowe, 1996) ..., ou seja, para conectar com o interesse que os novos meios despertam nos alunos (Barberá e Sanjosé, 1990; Chagas, 1993, 1998; Freitas, 1998; Songer, 1998). Não há nada a objectar — muito pelo contrário — à utilização dos computadores como *meio* didáctico. O *International Handbook in Science Education* dedica-lhe uma parte (McFarlane e Friedler, 1998; Schecker, 1998; Spitulnick et al., 1998). Mais interesse tem, se pretendermos proporcionar uma visão actualizada da actividade científica, a incorporação de mudanças metodológicas originadas pela utilização dos computadores (Valdés e Valdés, 1994; Gil-Pérez e Valdés, 1995), principalmente se os usarmos como instrumentos de aquisição e tratamento de dados experimentais (Millot, 1996), caso nomeadamente da exploração de sensores no ensino das Ciências. Por outro lado, a possibilidade de fazer simulações inteligentes no computador, permite-nos ter modelos de “processamento de informação”, baseados na metáfora da mente humana como computador. Esta orientação teórica traz-nos vantagens de indiscutível interesse, principalmente no que se refere à compreensão de como hipoteticamente se organizam os conhecimentos adquiridos na “memória a longo prazo” e de como nos conseguimos lembrar deles quando os queremos utilizar num dado momento (concretamente na resolução de problemas). Para alguns (Kempa, 1991), os modelos de processamento de informação, tal como os modelos construtivistas constituem, actualmente, as duas perspectivas fundamentais da investigação e inovação no ensino das ciências. E, ainda que, na nossa opinião, a perspectiva construtivista tenha resultado muito mais frutífera para a renovação do ensino das ciências (Gruender e Tobin, 1991; Duit e Treagust, 1998) que a perspectiva baseada no processamento da informação ou nas neurociências (Lawson, 1994), não podemos ignorar, repetimos, a importância teórica e prática do uso dos computadores ... e as suas limitações.

Pensamos ser necessário chamar a atenção contra visões simplistas que vêm no uso das novas tecnologias o princípio de renovações radicais do ensino/aprendizagem (Gil-Pérez, 1998). Frequentemente, a imprensa refere a “revolução informática no ensino” e a “morte do professor” (por causa do compu-

tador) e contempla a introdução da informática como uma possível solução aos problemas do ensino, como uma autêntica tendência inovadora. Para isso contribui — como constatou McDermott (1990) — uma publicidade agressiva cuja atractiva apresentação dificulta, muitas vezes, uma apreciação objectiva das ofertas. É preciso, insistimos, chamar a atenção contra estas expectativas, que terminam geralmente em frustração. Por outro lado, é necessário referir que a procura da solução nas “novas tecnologias”... tem uma larga tradição e já foi muito bem criticada por Piaget (1969) em relação aos meios audiovisuais e às “máquinas de ensinar” utilizadas pelo “ensino programado”. Vale a pena recordar os argumentos de Piaget, que, pensamos, continuam a ter importância:

“Os espíritos sentimentais ou pesarosos entristeceram-se com a ideia de substituir os professores por máquinas; contudo, parece-nos, que estas máquinas, prestam um grande serviço ao demonstrar que não há réplica possível para o carácter mecânico da função do professor tal como o concebe o ensino tradicional; se o propósito deste ensino é unicamente repetir correctamente o que foi correctamente exposto, está claro que a máquina pode cumprir correctamente estas funções”.

Neste mesmo sentido crítico também se expressou recentemente Gérard De Selys no seu artigo “A escola, grande mercado do Século XXI” que subintitulava “Um sonho enlouquecido de tecnocratas e industriais” (De Selys, 1998).

Em suma, as novas tecnologias — cujo valor instrumental não pomos em questão — não podem ser consideradas, como alguns pretendem, a base de uma tendência realmente transformadora no ensino das ciências. Esta pretensão esconde, mais uma vez, a suposição ingénua de que a transformação efectiva do ensino pode ser algo simples, resultado da receita adequada, como, neste caso, a “informatização”. A realidade do fracasso escolar, das atitudes negativas dos alunos, da frustração dos professores, acabam por se impor a estas fórmulas mágicas.

A relação entre a educação científica e as transformações científico-tecnológicas aparece, assim, como uma relação complexa, que abre perspectivas para o desenvolvimento das pessoas mas que também encerra perigos a que devemos fazer frente (Cebrián, 1998), reflectindo criticamente, em particular, acerca do seu papel no fortalecimento da democracia.

O debate em torno dos planeamentos construtivistas

Durante a última década assistimos, na Didáctica das Ciências, ao que Novak (1988) denominou de “um consenso emergente” em torno das questões

construtivistas, consideradas como as mais importantes das últimas décadas neste campo (Gruender e Tobin, 1991; Duit e Treagust, 1998). Parecia assim começar a superar-se o estágio “pré-paradigmático” que ainda no início dos anos 80 se atribuía à Didáctica das Ciências (Klopfer, 1983). No entanto, recentemente, começaram a surgir posições que questionam as perspectivas construtivistas e apontam, directa ou indirectamente, para uma revalorização das estratégias de transmissão/recepção. Podíamos então pensar, que o “consenso construtivista” não passou de uma nova moda, de uma nova receita que fracassou e que nos devolve, mais uma vez, ao modelo de ensino/aprendizagem das ciências por transmissão/recepção de conhecimentos já elaborados, ao “vale tudo” como expressão de uma “agitação browniana”, sem uma clara mudança.

Vamos referir-nos, em primeiro lugar, às críticas que questionam certas propostas demasiado simplistas das orientações construtivistas. Segundo Carretero e Limón (1996), “tais propostas costumam apoiar-se na convicção, de que a aplicação de fórmulas do tipo ‘ter em atenção os conhecimentos prévios dos alunos, criemos conflitos cognitivos para os podermos modificar’ solucionará facilmente muitos problemas educativos.

O que está em jogo não são tanto as perspectivas construtivistas, mas essencialmente as dificuldades sentidas pelos professores, sobretudo ao nível das práticas, de tais orientações, no que diz respeito em particular à mudança conceptual.

Porém, alguns críticos ignoram e esquecem uma já abundante literatura e só se referem, quase só, a tais dificuldades. É certo que desde cedo se constatou que algumas concepções alternativas eram mais resistentes à instrução, mesmo quando esta se orientava explicitamente a produzir a “mudança conceptual” (Fredette e Lochhead, 1981 ...). Por outras palavras: tornou-se evidente que os inquestionáveis progressos conseguidos com as estratégias de mudança conceptual ainda eram insuficientes (Oliva, 1999).

Começou assim a compreender-se a necessidade, entre outras, de ter atenção às *formas de raciocínio dos alunos*, superando o reducionismo conceptual (Gil-Pérez e Carrascosa, 1985; Hashweh, 1986; Duschl e Gitomer, 1991 ...) e enriquecendo assim as propostas construtivistas. Podemos recordar a este respeito as críticas que alguns autores têm vindo a fazer às propostas simplistas da “mudança conceptual” (Gil-Pérez et al., 1991; Gil-Pérez, 1993b).

A sequência que propõem algumas estratégias de ensino baseadas na mudança conceptual, consiste em mostrar as ideias dos alunos, favorecendo a clareza da sua elaboração depois criar conflitos que as ponham em questão de modo a poderem introduzir concepções científicas, que tornem possível a mudança conceptual (Driver, 1988). É certo que esta estratégia pode, por vezes, dar

resultados positivos na medida em que chama a atenção para o peso de algumas ideias do senso comum, que sem serem sujeitas à crítica são assumidas como verdadeiras; mas também é certo que praticada de uma forma reiterada e mecânica produz uma inibição e rejeição compreensíveis. Que sentido tem fazer com que os alunos explicitem, e defendam as suas ideias se depois vamos tentar modificá-las? Como não ver nisso um artifício que afasta a situação daquilo que constitui uma construção de conhecimentos? Essa construção nunca questiona as ideias, para provocar mudança conceptual, a não ser se fôr para resolver problemas dos investigadores, problemas que, como é lógico, são abordados a partir de conhecimentos que já temos e de novas ideias que se constroem a título tentativo. Nesse processo, as concepções iniciais poderão sofrer mudanças e inclusivamente, embora raramente, ser postas em questão, mas esse nunca será o objectivo, a não ser, repetimos, a resolução dos problemas colocados.

Do ponto de vista construtivista resulta essencial associar *explicitamente* a construção de conhecimentos a problemas — “ Todo o conhecimento é a resposta a uma questão ” (Bachelard, 1938). Tal argumento questiona de uma forma radical as estratégias de mudança conceptual quando estas supõem ter como ponto de partida as ideias dos alunos, o mesmo é dizer que o ponto de partida não deve ser a abordagem isolada de um dado conceito curricularmente previsto, mas sim no quadro de uma dada problemática tanto quanto possível de interesse para o aluno. Por outro lado, uma característica fundamental do tratamento científico dos problemas é considerar as ideias — inclusivamente as mais seguras e óbvias — como simples hipóteses de trabalho, que é necessário controlar, imaginar *outras* hipóteses, etc. Isto concede um estatuto diferente às situações de conflito cognitivo: já não se questiona as ideias pessoais dos alunos, nem a reiterada aceitação das insuficiências do próprio pensamento (e as consequentes implicações afectivas), mas a ideia de aprofundar um trabalho em que algumas ideias (tomadas como hipóteses) são substituídas por outras (tão pertinentes como as anteriores).

Como podemos ver, a orientação construtivista está longe das receitas simples, justamente criticadas por diversos autores (Carretero e Limón, 1996; Marín, 1999; Oliva, 1999). Estas críticas estão actualmente a dirigir-se, pelo menos aparentemente, para os próprios fundamentos das propostas construtivistas. São estas críticas que queremos analisar, ainda que sumariamente aqui, centrando-nos em artigos como os de Suchting, Matthews ou Solomon, cujos títulos são muito sugestivos: *Constructivism deconstructed* (Suchting, 1992); *Vino viejo en botellas nuevas. Un problema com la epistemología constructivista* (Matthews, 1994b); *The rise and fall of constructivism* (Solomon, 1994); *Beyond Constructivism* (Osborne, 1996); *Como ir mais além dos modelos constructivistas?* (Giordan, 1996 ...).

i) O artigo de Suchting (1992) começa por considerar o construtivismo uma doutrina que durante algum tempo exerceu uma forte tendência na educação, da qual considera criador e principal autor Ernst von Glasersfeld (“este artigo trata de uma doutrina que, durante algum tempo, teve uma certa influência no pensamento educativo, concretamente no “construtivismo”, associado especialmente ao nome do seu criador e principal autor, Ernst von Glasersfeld”).

É curioso ver como Suchting fala do construtivismo no passado, assumindo, sem qualquer justificação, que a sua influência se exerceu “durante algum tempo”. É necessário referir que todo o artigo está centrado na crítica às teses filosóficas de von Glasersfeld, chegando à conclusão de que os conceitos e os principais fundamentos do construtivismo são muito obscuros e escassamente fundamentados. Sem discutirmos aqui o possível interesse de críticas como a de Suchting, às teses de von Glasersfeld, temos de assinalar que este debate tem pouco a ver com as propostas construtivistas *no campo do ensino/aprendizagem das ciências*. De facto, o artigo de Suchting não tem uma única frase relativa a este campo, até parece que o desconhece, ao ponto de considerar von Glasersfeld — cujo nome só muito recentemente é que começou a ser citado no nosso campo — como o “originador”.

Convém não esquecer, que este debate não deve (nem pode) estender-se à aprendizagem em “geral”(?), com a pretensão de tratar por separado aprendizagens como, p. e., montar uma bicicleta, a tabuada de multiplicar ou a física newtoniana. Como Carretero referiu no prólogo “a aprendizagem da ciência e pensamento causal” (Pozo, 1987): “não se pode falar do pensamento dos sujeitos sem saber o conteúdo dos problemas”.

Daqui resulta que, no essencial, o debate de Suchting *não é um debate nosso*. Com isto não pretendemos negar o interesse de estudar os trabalhos de von Glasersfeld e o seu possível interesse para as propostas construtivistas no campo do ensino/aprendizagem das ciências. Mas não podemos aceitar uma discussão em termos gerais, que nos leva a supor, como faz Suchting, que falamos de construtivismo “no geral” e que estamos a “aplicar” as teses veiculadas por von Glasersfeld.

ii) A crítica de Solomon (1994) tem, sem dúvida, outro carácter, uma vez que procede de uma voz autorizada no campo da Didáctica das Ciências. Solomon reconhece que as questões construtivistas na Didáctica das Ciências têm origem nas investigações realizadas em torno dos problemas de ensino/aprendizagem das ciências. De facto, Solomon associa o aparecimento desta corrente à publicação do artigo de Driver e Easley (1978) “*Pupils & paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students*”.

Mas, depois, Solomon refere que no princípio dos anos 80, “ se descobriu que o que poderíamos chamar de fundamento teórico, já tinha sido escrito trinta anos antes por George Kelly”.

Solomon não disse que os trabalhos de Kelly *apoiavam* as novas ideias, mas sim que *constituíam o seu corpo teórico*. No nosso entender trata-se de um erro grave que nega a possibilidade de que a investigação na Didáctica das Ciências dê lugar a um corpo *específico* de conhecimentos e reduz a sua fundamentação à *aplicação* de conhecimentos externos. Na nossa opinião, algumas das ideias de Kelly são boas sugestões e podem *ajudar* na construção de um novo corpo de conhecimentos em torno dos problemas de ensino/aprendizagem das ciências, mas têm naturais limitações já que as suas reflexões não estavam centradas no campo do ensino das ciências. O que está pois verdadeiramente em jogo não é considerar os trabalhos de Kelly como corpo teórico mas sim quais as apropriações que interessam ao *programa* da Didáctica das Ciências.

As críticas de Solomon ao construtivismo derivam assim das contribuições de Kelly e de outros autores como Glasersfeld, igualmente *externos* ao campo da Didáctica das Ciências. Solomon centra-se particularmente em mostrar as limitações da metáfora de Kelly “Every man his own scientist” que assume como certo que o construtivismo na “sua essência se baseou na noção do aluno como cientista”. Solomon admite, ainda, como corolário, que isso supõe deixar de lado a aquisição de corpos de conhecimento: “O construtivismo (...) sempre deixou de lado a aprendizagem real de um corpo estabelecido de conhecimentos”.

Mas a ideia do aluno como cientista é uma metáfora cujas limitações também foram assinaladas pelo campo da Didáctica das Ciências e, mais especificamente, pelos construtivistas, porque não expressa adequadamente o que a investigação tem mostrado acerca do processo de ensino/aprendizagem das ciências: é difícil não estar de acordo em que os alunos *autonomamente* (?) não podem construir *todos* (?) os conhecimentos científicos. Segundo Pozo (1987) “é certo que muitos dos conceitos centrais da ciência são bastante difíceis de descobrir pela maior parte — ou pela totalidade — dos adolescentes e inclusivamente pelos adultos universitários”. Contudo, não se retire daqui que se tenha necessariamente de recorrer à transmissão dos ditos conhecimentos nem que se tenha de pôr necessariamente em questão as orientações construtivistas. É bem sabido que quando alguém faz parte de uma equipa de investigadores, pode alcançar com relativa rapidez o nível médio do resto da equipa. E isso *não* acontece mediante uma transmissão verbal, mas sim ao verem actuar profissionais (professores/formadores). É claro que a situação muda quando se abordam problemas que são novos para todos. O progresso, se houver, faz-se

de uma forma lenta e sinuosa. A proposta de organizar a aprendizagem dos alunos como uma construção de conhecimentos está de acordo com a situação de uma *investigação dirigida*, em domínios perfeitamente conhecidos pelo “director de investigações” (professor) e na qual os resultados parciais, embrionários, obtidos pelos alunos podem ser reforçados, matizados ou postos em questão, pelos obtidos pelos cientistas que os precederam. Como se vê, não se trata de “enganar” os alunos, de fazer com que acreditem que os conhecimentos se constróem com a aparente facilidade com que eles os adquirem (Hodson, 1985), mas sim, colocá-los nas “mesmas situações” por que os cientistas passaram ao longo da sua formação, podendo deste modo familiarizarem-se minimamente com o que é formalmente o trabalho científico e os seus resultados, replicando para isso investigações já realizadas, abordando problemas já conhecidos pelos que dirigem os seus trabalhos. Ou seja: entre a metáfora do aluno como simples receptor e a que o compara, segundo Kelly, a um “investigador” autónomo (Pope e Gilbert, 1983; Solomon, 1994), propomos a metáfora do “*investigador noviço*” que integra coerentemente, as opiniões de Vygotsky sobre a “zona do desenvolvimento potencial” e o papel do adulto na aprendizagem. As situações problemáticas abertas, o trabalho científico realizado em equipa e a interação entre as equipas convertem-se assim em três pontos essenciais de uma orientação que denominamos “construtivista radical” da aprendizagem das ciências (Gil-Pérez, 1993b).

Temos que referir que não falamos de “construtivismo radical” no sentido de que Glaserfeld dá a esta expressão (rejeição do realismo ontológico, os seja, rejeição da ideia de que os constructos são uma réplica ou reflexo de estruturas que existem independentemente do nosso pensamento). As críticas ao construtivismo centram-se muitas vezes neste confronto entre o realismo e o idealismo (Suchting, 1992; Matthews, 1994b). Mas, como reconhece Matthews, “uma pessoa não tem que ser necessariamente construtivista para estar de acordo com a maior parte das suas propostas pedagógicas” (Matthews, 1994b), com o qual concordam de modo semelhante outros autores (Ernst, 1993). Isso é o mesmo que reconhecer, e é isso que estamos aqui a tentar defender, as propostas construtivistas na Didáctica das Ciências não se fundamentam no construtivismo filosófico. Longe deste debate ontológico, o que nós propusemos como orientação *construtivista* é uma proposta que contempla uma participação efectiva dos estudantes na construção de conhecimentos e, conseqüentemente, marcadamente de índole sócio-construtivista.

Artigos como os de Solomon, mostram o perigo de uma fundamentação teórica da Didáctica das Ciências que se reduza a uma simples “*colagem*” a um

corpo de conhecimentos externos. Falar de construtivismo no ensino das ciências não supõe nem aceitar as posições de Kelly ou de Glasersfeld, nem cair num eclético “brica-braque”, preparando um “cocktail” com algo de Piaget, Bachelard, etc. É necessário construir um corpo de conhecimentos próprio em torno de problemas *específicos* do ensino/aprendizagem das ciências. Essa é, pensamos, a orientação mais frutífera.

Por fim, queremos chamar a atenção para o perigo das leituras superficiais, das generalizações abusivas: uma vez que na Didática das Ciências se começou a falar da necessidade de superar a simples transmissão/recepção de conhecimentos já elaborados (devido ao fracasso dos seus resultados) e da conveniência e possibilidade de implicar os estudantes na (re)construção de conhecimentos, alguns exclamaram — isso é *construtivismo!* (e associaram-no às ideias de Kelly, ou de Piaget, ou ...) conduzindo a uma discussão exterior à problemática concreta do ensino/aprendizagem das ciências. Segundo Carretero e Limón (1996), “a ampla aplicação do termo construtivismo em diferentes contextos parece dotá-lo de uma certa generalidade e vaguidade que, acrescentamos, permite, classificar como “construtivista” aquilo que cada um sempre fez (“eu explico os conhecimentos e os meus alunos reconstróem-nos na sua cabeça”). Esta é a leitura que começa a generalizar-se: o construtivismo é a interpretação da aprendizagem e não tem nada a ver com o ensino, dito de outra forma: podemos deixar as coisas tal como elas estão.

Talvez este sentido do vago (esta conjunção, protegida pelo “guarda-chuva” do construtivismo, de receitas simplistas, de discussões filosóficas afastadas da real problemática do ensino/aprendizagem das ciências, de interpretações “light” que permitem que qualquer um, independentemente do que faz, denominar-se “construtivista” ...) é o que nos leva a falar de “luzes e sombras” na corrente construtivista (Perales, 1993) e impulsiona autores como Giordan (1996) a perguntar “Como ir mais além dos modelos construtivistas?” e a propor novas denominações (“modelo *alostérico*”). Mas, na nossa opinião, a expressão de um “consenso construtivista” (Resnick, 1983; Novak, 1988) continua a ser útil para pôr em relevo a convergência básica, no campo da Didática das Ciências, de propostas, tão diversificadas terminologicamente, como as de Posner et al. (1982), Osborne e Wittrock (1983), Driver e Oldham (1986), Giordan (1989), Duschl e Gitomer (1991), Hodson (1992)... Continua a ser útil para salientar e reforçar a ideia de progresso em relação à construção de um novo modelo de ensino/aprendizagem das ciências capaz de tirar o lugar ao de transmissão/recepção e, em suma, de progresso face à emergência da Didática das Ciências como novo campo de conhecimentos (Gil-Pérez et al., 1999).

Perspectivas para o futuro

Falar das perspectivas para o futuro tem um certo grau de subjectividade, ou se preferir, tem um carácter de mera conjectura. Analisámos noutro trabalho (Gil-Pérez, 1994) até que ponto as previsões podem ser falíveis, referindo, como Welch (1985), entre outros, foi incapaz de prever a importância que iriam adquirir os estudos sobre as pré-concepções. Insistimos, note-se, no interesse destas previsões que chamam a atenção para aquilo que distintos autores consideraram frutífero e que se convertem, assim numa espécie de recomendações que vale a pena ter em conta. Por outro lado, pensamos que actualmente o risco das previsões incorrectas é menor, devido aos progressos realizados pela Didáctica das Ciências para constituir um corpo de conhecimentos mais integrado e fundamentado.

A primeira tendência que temos de referir é o reforço dos vínculos entre as distintas linhas de investigação. Porlán (1998) afirma que, já não faz sentido apresentar “listas desestruturadas das linhas de investigação” e avança com propostas de investigação centradas em problemáticas inter-relacionadas, referindo-se à necessidade de “aprofundar os fins e fundamentos de um modelo alternativo de ensino-aprendizagem das ciências” ou de “elaborar e experimentar propostas de formação dos professores” baseadas, entre outros, nos “resultados dos estudos sobre concepções e obstáculos dos professores”. Nesse sentido, pronunciamos-nos (Gil-Pérez, 1994) afirmando que “cabe esperar uma acentuação da procura da coerência global ... até chegar a integrar de forma coerente desde os estudos sobre a introdução e manuseamento de conceitos até à avaliação”. Nessa perspectiva, insistimos na necessidade de superar o reducionismo conceptual que marcou as investigações sobre as pré-concepções, em que se esqueceram os aspectos axiológicos e de procedimento (Duschl e Gitomer, 1991) e de estender as posições construtivistas à formação de professores, com especial atenção às concepções dos docentes sobre o ensino das ciências, sobre a aprendizagem das ciências e sobre a ciência que ensinam. Chamamos a vossa atenção para os capítulos 2 e 7 no que se refere, respectivamente, às linhas de pesquisa e de inovação sobre a natureza da ciência e sobre a educação para a sustentabilidade, que estão recebendo hoje uma grande atenção.

Reafirmamos hoje estas perspectivas, que são em grande parte uma realidade e que, pensamos, continuarão a marcar os esforços da investigação nos próximos anos. A aposta na procura da coerência global, pela inter-relação dos distintos estudos, superando os tratamentos pontuais, constitui, no nosso entender, uma característica que se acentuará até se converter num ponto fundamental da investigação em Didáctica das Ciências, tal como acontece com domínios científicos mais consolidados.

Referências bibliográficas neste capítulo 8

- ALIBERAS, J., GUTIERREZ, R. e IZQUIERDO, M. (1989). La didáctica de les ciencias: una empresa racional. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (3), 277-284.
- ALMEIDA, A. (1995). Trabalho experimental na educação em ciência: epistemologia, representações e prática dos professores. Tese de Mestrado. Universidade Nova de Lisboa.
- ALONSO, M. (1994) La evaluación en la enseñanza de la Física como instrumento de aprendizaje. Tesis Doctoral. Universitat de València.
- ALONSO, M., GIL-PÉREZ, D. e MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1996). Evaluar no es calificar. La evaluación y la calificación en una enseñanza constructivista de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 30, 15-26.
- AMADOR, F. (1998). *As Imagens no Ensino da Geologia*. Cadernos Didáticos, Série Ciências nº 2. Universidade de Aveiro.
- ANDERSON, R. D. e MITCHENER, C. P. (1994). Research on science teacher education. Em Gabel, D. L. (Ed.), 1994. *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan.
- ANDRADE, G. P. (1991). Ensino da Geologia: Temas Didáticos. Lisboa: Universidade Aberta.
- ANTUNES, H. (1999). Contexto Regulador e Ensino das Ciências: um estudo com crianças dos estratos sociais mais baixos. Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- ASTOLFI, J. P. e DEVELAY, M. (1993). *La Didactique des Sciences*. 3ª Ed., Paris: Presses Universitaires de France.
- ATWATER, M. M. (1994). Research on cultural diversity in the classroom. Em Gabel, D. L. (Ed.) (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, New York: MacMillan Pub Co.
- AUSUBEL, D. P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view* New York Holt, Rinehart e Winston, Versión española: Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo. México: Trillas.
- BACHELARD, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: Vrin.
- BAILLO, M. (1992). *Razonamiento, teorías causales y conflicto cognitivo en la solución de problemas de densidad*. Tesis Doctoral Facultad de Psicología. Universidad de Barcelona.
- BAKER, D. R. (1998). Equity Issues in Science Education. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.) *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers.
- BARBERÁ, O. e SANJOSÉ, V. (1990). Juegos de simulación por ordenador: un útil para la enseñanza a todos los niveles. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (1), 46-51.
- BARBOSA, M. V. (1991). Uma contribuição para o estudo da mudança na concepção do ensino das ciências. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

- BÁRRIOS, A., MASKILL, R. e PEREIRA, M. P. (1989). Auto-análise crítica na formação de professores de Ciências. Em: Actas do Simpósio “Formação de Professores de Química/Ciências — Desafios para um Mundo em Mudança”, 193-204. Sociedade Portuguesa de Química. Lisboa.
- BAUMAN, R. (1983). Research, anyone? *The Physics Teacher*, 21, 77 e 113.
- BELL, B. (1998). Teacher development in Science Education. Em Fraser, B.J e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber.
- BENLLOCH, M. (1993). La génesis de las ideas sobre la composición de la materia. Tesis Doctoral Facultad de Psicología. Universidad de Barcelona.
- BERGER, C. F. (1979). What are the implications of paradigms research for science Education Research? *Journal of Research in Science Teaching*, 16 (6), 517-521.
- BONITO, J. (1996). As Actividades Práticas no Ensino das Geociências. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra.
- BOWEN, B. L. (1975). The need for paradigms in science education research. *Science Education*, 59 (3), 423-430.
- BRISCOE, C. (1991). The dynamic interactions among beliefs, role metaphores and teaching practices. A case study of teacher change. *Science Education*, 75 (2), 185-199.
- BURBULES, N. e LINN, M. (1991). Science education and philosophy of science: congruence or contradiction? *International Journal of Science Education*, 13 (3), 227-241.
- BYBEE, R.W. e BEN ZVI, N. (1998). Science Curriculum: transforming goals to practices. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers.
- BYBEE, R.W. e DeBOER, G. E. (1994). Research on goals for the science curriculum. Em Gabel, D. L. (Ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, New York: MacMillan Pub Co.
- CAAMAÑO, A. (1992). Concepciones de los alumnos sobre compuestos, estructura de la materia y el cambio químico. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. Facultad de Químicas.
- CAAMAÑO, A., CARRASCOSA, J. e OÑORBE, A. (1994). Los trabajos prácticos en las Ciencias Experimentales, *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 2, 4-5.
- CACHAPUZ, A. (1989). Linguagem Metafórica e o Ensino das Ciências. *Revista Portuguesa de Educação*, 2 (3), 117-129.
- CACHAPUZ, A. (1995a). O Ensino das Ciências para a Excelência das Aprendizagens. Em Carvalho, A. D. de (Org.). *Novas Metodologias em Educação*. Porto: Porto Editora.
- CACHAPUZ, A. (1995b). Da investigação Sobre e Para os Professores à Investigação Com e Pelos Professores de Ciências. Em Lorenzo J. Blanco Nieto e Vicente Mellado Jiménez (Coords.). *La formación del Profesorado de Ciencias y Matemáticas en España y Portugal*, 243-254. Badajoz: Universidad de Extremadura.
- CACHAPUZ, A. (1997). Investigação em Didáctica das Ciências em Portugal: um balanço crítico. Em Selma Garrido Pimenta (Org.). *Didática e Formação de Professores: percursos e perspectivas no Brasil e em Portugal*. 205-240. São Paulo: Cortez Editora.

- CACHAPUZ, A. e MARTINS, I. (1993). Looking at science experiments through the students' eyes. *Science Education International*, 4 (1), 16-18.
- CACHAPUZ, A., PRAIA, J., GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J. e MARTÍNEZ-TERRADES, F. (2001). A emergência da didáctica das ciências como campo específico de conhecimento, *Revista Portuguesa de Educação*, 14 (1), 155-195.
- CACHAPUZ, A., PRAIA, J. e JORGE M. (2000). Reflexão em torno de perspectivas do ensino das ciências: contributos para uma nova orientação escolar — ensino por pesquisa. *Revista de Educação*, v. IX, nº 1, 69-79.
- CAMPOS, C. (1996). Imagens de Ciência veiculadas por Manuais de Química do Ensino Secundário — implicações na Formação de Professores de Física e Química. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro.
- CAÑAL, P. (1990). La enseñanza en el campo conceptual de la nutrición de las plantas verdes. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
- CAÑAL, P. (1998). *Proyecto Docente*. Obra inédita. Universidad de Sevilla.
- CAÑAL, P. e PORLÁN, R. (1988). Bases para un programa de investigación en torno a un modelo didáctico de tipo sistémico e investigativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (1), 54-60.
- CARNICER, J. (1998). *El cambio didáctico en el profesorado de ciencias mediante tutorías en equipos cooperativos*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
- CARRASCOSA, J. (1983). Errores conceptuales en la Enseñanza de las Ciencias: Selección bibliográfica, *Enseñanza de las Ciencias*, 1, 63-65.
- CARRASCOSA, J. (1985). Errores conceptuales en la enseñanza de la física y la química: una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 3 (3), 230-234.
- CARRASCOSA, J. (1987). Tratamiento didáctico en la Enseñanza de las Ciencias de los errores conceptuales. Tesis Doctoral. Valencia: Servei de Publicacions de la Universitat de Valencia.
- CARRASCOSA, J. e GIL-PÉREZ, D. (1992). Concepciones alternativas en Mecánica. *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (3), 314-328.
- CARRASCOSA, J. e MARTÍNEZ, S. (1997). *Problemas, cuestiones y ejercicios de Física*. Madrid: Santillana.
- CARRETERO, M. (1987). Prólogo del libro de Pozo, I. *El aprendizaje de las ciencias y pensamiento causal*. Madrid: Visor.
- CARRETERO, M. e LIMÓN, M. (1996). Problemas actuales del constructivismo. De la teoría a la práctica. Em Rodrigo, M. J. e Arnay, R. (Eds.). *La construcción del conocimiento escolar. Ecos de un debate*. Buenos Aires: Auque.
- CARVALHO, A. M. (1991). Portuguese pupils and the water cycle: Understanding interrelated scientific concepts. Tese de Doutoramento. Universidade de Londres.
- CARVALHO, A. M. e GIL-PÉREZ, D. (1995). *Formação de Professores de Ciências. Tendências e inovações*. São Paulo: Cortez Editora.
- CATALÁN, A. e CATANY, M. (1996). *Educación ambiental en la Enseñanza Secundaria*. Madrid: Miraguano Ediciones.

- CEBRIÁN, L. (1998). *La Red*. Madrid: Santillana.
- CERVANTES, A. (1987). Los conceptos de calor y temperatura: una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 5, 66-70.
- CHAGAS, I. (1993). Os Professores como Inovadores: um estudo de caso sobre a implementação do Videodisco Interactivo no Programa de Ciências do 6º ano. Tese de Doutoramento. Boston University.
- CHAGAS, I. (1998). Software Educativo: o que dizem os Professores? Em *A Sociedade da Informação na Escola*. 111-117. Lisboa: Conselho Nacional de Educação.
- COELHO, J. M. (1998). Supervisão da Prática Pedagógico-Didáctica em Ciências: sua incidência na História e na Epistemologia. O caso da "Origem da Vida". Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro.
- COLL, C. (1988). *Conocimiento psicológico y práctica educativa*. Barcelona: Barcanova.
- CORREIA, M. (1990). Persistência das ideias alternativas sobre permeabilidade à água em sistemas biológicos. Tese de Mestrado. Universidade do Minho.
- COUTO, C. G. (1996). Estágio Pedagógico — Cooperação na Formação. *Revista de Educação*, VI, nº 1, 71-87.
- COUTO, C. G. (1998). Professor: O Início da Prática Profissional. Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- CRUZ, N. (1989). Utilização de estratégias metacognitivas no desenvolvimento da capacidade de resolver problemas — um estudo com alunos de Físico-Químicas do 10º ano. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- CUNHA, J. M. A. (1999). A leitura crítica dos programas curriculares de Ciências Naturais pelos professores estagiários. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro. Aveiro.
- D'OREY, J. L. (1998). Ideias Alternativas e Mudança Conceptual: um estudo com alunos do 11º ano sobre Sismologia. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro.
- DE MANUEL, J. e GRAU, R. (1996). Concepciones y dificultades comunes en la construcción del pensamiento biológico. *Alambique*, 7, 53-63.
- DE POSADA, J. M. (1993). Estudio de los constructos de los alumnos y análisis secuencial de libros de texto en los niveles de BUP y COU en relación con la estructura de la materia y el enlace químico. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga.
- DE SELYS, G. (1998). La escuela, gran mercado del siglo XXI, *Le Monde diplomatique*, edición española, número de Junio, 28-29.
- DEL CARMEN, L. (1995). Apresentação de la monografía "La evaluación de los aprendizajes". *Alambique*, nº 4, 4-5.
- DEL CARMEN, L. (1996). *El análisis y secuenciación de los contenidos educativos*. Barcelona: Horsori.
- DEL CARMEN, L. (Ed.) (1997). La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria. Barcelona: Horsori.
- DEMOUNEM, R. e ASTOLFI, J. P. (1996). *Didactique des Sciences de la Vie et de la Terre*. Paris: Éditions Nathan.

- DEVELAY, M. (1992). *De l'apprentissage à l'enseignement. Pour une épistémologie scolaire*. 3^a Edition. Paris: ESF Éditeur.
- DEWEY, J. (1916). *Democracia y Educación*. Edición española de 1997 en Madrid: Morata.
- DONATI, R. e GAMBOA, J. (1990). La utilidad de las analogías en la enseñanza de las ciencias en base a una posible clasificación. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (1), 89-91.
- DOURADO, L. (1994). Os estagiários da Licenciatura em Ensino da Biologia e Geologia e a leccionação da Teoria da Tectónica Global. Um estudo de caso. Tese de Mestrado. Universidade do Minho.
- DRIVER, R. (1973). The representations of conceptual frameworks in young adolescents science students. Tesis Doctoral, University of Illinois, Urbana, Illinois.
- DRIVER, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 3-15.
- DRIVER, R. e EASLEY, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 10, 37-70.
- DRIVER, R. e OLDHAM, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- DUARTE, M. C. (1987). Ideias alternativas aprendizagem de conceitos — um estudo sobre propriedades do ar em alunos do ensino preparatório. Tese de Mestrado. Universidade do Minho.
- DUARTE, M. C. (1993). Mudança Conceptual e ensino das Ciências-Naturais: uma proposta de intervenção pedagógica no 2º ciclo do Ensino Básico. Tese de Doutorado. Universidade do Minho.
- DUIT, R. (1993). *Research on students' conceptions. Developments & trends*. Paper presented at the "Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics". Ithaca, USA: Cornell University.
- DUIT, R. e TREAGUST, D. F. (1998). Learning in science. From behaviorism towards social constructivism and beyond. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber.
- DUSCHL, R. (1990). *Restructuring Science Education: The Role of Theories and Their Importance*, New York: Teacher College Press, Columbia University.
- DUSCHL, R. e GITOMER, D. (1991). Epistemological Perspectives on conceptual change: implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (9), 839- 858.
- ERICKSON, F. (1998). Qualitative Research Methods for Science Education. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.) *International Handbook of Science Education*. London: Kluber.
- ERNST, P. (1993). Constructivism, the psychology of learning, and the nature of mathematics: some critical issues. *Science & Education*, 2, 87-93.
- FARIA, M. (1987). O impacto do ensino individualizado nas ideias intuitivas das crianças. Um estudo sobre a Terra, o Sol e a Lua com crianças do 4º ano de escolaridade. Tese de Mestrado. Universidade do Minho.

- FERNANDES, M. M. R. (1999). A Utilização de Metáforas e Analogias nos Manuais Escolares: contributos para o estudo da Reprodução Humana. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro.
- FIGUEIREDO, T. (1999). Concepções alternativas de alunos do 11º ano sobre metamorfismo. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro.
- FONSECA, J. M. B. e CONBOY, J. (1994). Avaliação de um Programa de Formação de Professores. *Revista de Educação*, IV, nº 1-2, 91-99.
- FONTES, A. (1992). Poder e Educação — um estudo sobre a evolução do ensino da Biologia na sua relação com factores sócio-políticos. Tese de Doutoramento. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real.
- FOUREZ, G. (1997). *Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Colihue.
- FRASER, B. J. (1994). Research on classroom and school climate. Em Gabel, D. L. (Ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, New York: MacMillan Pub Co.
- FRASER, B. J. e TOBIN, K. G. (Eds.) (1998). *International Handbook of Science Education*, London: Kluber Academic Publishers.
- FREDETTE, N. e LOCHHEAD, J. (1981). Students conceptions of electric current. *The Physics Teacher*, 18, 194-198.
- FREIRE, A. M. (1993). Um olhar sobre o ensino da Física e da Química nos últimos cinquenta anos. *Revista de Educação*, 3 (1), 37-48.
- FREIRE, A. M. (1999). Aprender e ensinar nos estágios pedagógicos: um estudo sobre mudança de concepções de ensino e na prática instrucional de estagiários de Física e Química. Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- FREITAS, M. (1987). Concepções Alternativas de crianças acerca da vida, morte e decomposição dos seres vivos. Tese de Mestrado. Universidade do Minho. Braga.
- FREITAS, J. C. (1998). O Programa Internet na Escola — Paineis 1. Em *A sociedade de Informação na Escola*, 33-37. Lisboa: Conselho Nacional de Educação.
- FREITAS, M. (1999). *Formação Inicial e Contínua de Professores de Biologia e Geologia. O caso particular da Licenciatura em Ensino da Biologia e Geologia da Universidade do Minho*. Universidade do Minho. Braga.
- FURIÓ, C. (1986). Metodología utilizada en la detección de dificultades y esquemas conceptuales en la enseñanza de la Química. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 73-77.
- FURIÓ, C. e GIL-PÉREZ, D. (1989). La didáctica de las ciencias en la formación inicial del profesor: una orientación y un programa teóricamente fundamentados. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (3), 257-265.
- GABEL, D. L. (Ed.) (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, New York: MacMillan Pub Co.
- GAGLIARDI, R. (1988). Como utilizar la Historia de las Ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 291-296.

- GAGLIARDI, R. e GIORDAN, A. (1986). La Historia de las Ciencias: una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (3), 253-258.
- GARCIA, J. E. (1987). La interacción con el medio en relación con la *Investigación en la Escuela*. *Investigación en la Escuela*, 1, 58-62.
- GARCÍA, J. E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla: Diada.
- GELI, A. M. (1986). L'evaluació de la Biologia en la segona etapa d'EGB. Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- GENÉ, A. (1986). Transformació dels treballs pràctics de Biologia: una proposta teòricament fonamentada. Tesis Doctoral. Barcelona: Biblioteca de la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona.
- GIL-PÉREZ, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1 (1), 26-33.
- GIL-PÉREZ, D. (1993a) Psicología Educativa y Didáctica de las Ciencias: los procesos de enseñanza/aprendizaje de las ciencias como lugar de encuentro. *Infancia y Aprendizaje*, 62-63.
- GIL-PÉREZ, D. (1993b). Contribución de la Historia y 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. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 154-164.
- GIL-PÉREZ, D. (1996). New trends in Science Education. *International Journal of Science Education*, 18 (8), 889-901.
- GIL-PÉREZ, D. (1998). El papel de la educación ante las transformaciones científico-tecnológicas, *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 69-90.
- GIL-PÉREZ, D. e CARRASCOSA, J. (1985). Science learning as a conceptual and methodological change. *European Journal of Science Education*, 7 (3), 231-236.
- GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J., DUMAS-CARRÉ, A., FURIÓ, C., GALLEGO, N., GENÉ, A., GONZÁLEZ, E., GUIASOLA, J., MARTINEZ, J., PESSOA, A. SALINAS, J., TRICÁRICO, H. e VALDÉS, P. (1999). ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 503-512.
- GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. e MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1991). *La Enseñanza de las Ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- GIL-PÉREZ, D., FURIÓ, C. e GAVIDIA, V. (1998). El profesorado y la reforma educativa en España. *Investigación en la Escuela*, 36, 49-64.
- GIL-PÉREZ, D., FURIÓ, C., VALDÉS, P., SALINAS, J., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., GUIASOLA, J., GONZÁLEZ, E., DUMAS-CARRÉ, A., GOFFARD, M. e PESSOA DE CARVALHO, A. (1999), ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?, *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 311-320.
- GIL-PÉREZ, D. e MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1987a). Los programas-guia de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 3, 3-12.

- GIL-PÉREZ, D. e MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1987b). *La resolución de problemas de Física*. Madrid: Ediciones del MEC.
- GIL-PÉREZ, D. e PESSOA, A. (1994). *Formación del profesorado de las ciencias*. Madrid: Editorial Popular.
- GIL-PÉREZ, D. e VALDÉS, P. (1995). Un ejemplo de práctica de laboratorio como actividad investigadora. *Alambique*, 6, 93-102.
- GILBERT, J. K. (1992). The interface between science education and technology education. *International Journal of Science Education*, 14 (5), 563-578.
- GIORDAN, A. (1978). Observation-Experimentation: mais comment les élèves apprennent-ils? *Revue Française de Pédagogie*, 44, 66-73. (Traducción española en *Infancia y Aprendizaje*, 1978, número 13).
- GIORDAN, A. (1985). *La enseñanza de las ciencias*. Madrid: Siglo XXI.
- GIORDAN, A. (1989). De las concepciones de los alumnos a un modelo de aprendizaje alostérico. *Investigación en la Escuela*, 8, 3-14.
- GIORDAN, A. (1996). ¿Cómo ir más allá de los modelos constructivistas? La utilización didáctica de las concepciones de los estudiantes. *Investigación en la Escuela*, 28, 7-22.
- GIORDAN, A. (1997). ¿Las ciencias y las técnicas en la cultura de los años 2000? *Kikirikí*, nº 44-45, 33-34.
- GLYNN, S. et al. (1989). Analogical Reasoning and Problem Solving in Science Textbooks. Em Glover, J. (Ed.). *Handbook of Creativity*, New York: Plenum.
- GONZÁLEZ, E. (1994). Las prácticas de laboratorio en la formación del profesorado de Física. Tesis Doctoral. Universitat de València.
- GRAU, R. (1993). Revisión de concepciones en el área de la evolución. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (1), 87-89.
- GRUENDER, C. D. e TOBIN, K. (1991). Promise and Prospect. *Science Education*, 75 (1), 1-8.
- GUTIÉRREZ, R. (1994). Coherencia del pensamiento espontáneo y causalidad. El caso de la Dinámica elemental. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- GUTIÉRREZ, R. et al. (1990). *La Enseñanza de las Ciencias en la educación intermedia*. Madrid: Narcea.
- HARLEN, W. (1989). *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Ediciones Morata.
- HASHWEH, M. Z. (1986). Towards an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*, 8 (3), 229-249.
- HEWSON, P.W., BEETH, M. E. e THORLEY, R. N. (1998). Teaching the conceptual change. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers.
- HODSON, D. (1985). Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, 12, 25-57.
- HODSON, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education* 14 (5), 541-566.

- JIMÉNEZ, M. P. (1987). Preconceptos y esquemas conceptuales en Biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (2), 165-167.
- JIMÉNEZ, M. P. (1988). Enseñanza de las Ciencias. *Cuadernos de Pedagogía*, 155, 8-10.
- JIMÉNEZ, M. P. (1990). Los esquemas conceptuales sobre la selección natural: análisis y propuestas para un cambio conceptual. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- JIMÉNEZ, M. P. (1995). La educación ambiental en los 90. (Presentación de un número monográfico). *Alambique*, nº 6, 7-8.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (1996). *Dubidar para aprender*. Vigo: Ediciones Xerais de Galicia.
- JIMÉNEZ, M. P. e GARCÍA RODEJA, I. (1997). Hipótesis, citas, resultados: reflexiones sobre la comunicación científica en didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (1), 11-19.
- JIMÉNEZ, M. P. e OTERO, L. (1990). La ciencia como construcción social. *Cuadernos de Pedagogía*, 180, 20-22.
- JOHSTONE, A. e WHAM, A. (1982). The demands of practical work. *Education in Chemistry*, 19 (3), 71-73.
- JORBA, J. e SANMARTÍ, N. (1995). Autoregulación de los procesos de aprendizaje y construcción de conocimientos. *Alambique*, 4, 59-77.
- JORGE, M. M. (1987). Eficácia do Modelo Integrado na Formação de Professores de Ciências da Natureza. Tese de Mestrado. Universidade do Minho.
- JOSUHA, S. e DUPIN, J. J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris: PUF.
- KAHLE, J. B. e MEECE, J. (1994). Research on gender issues in the classroom. Em Gabel, D. L. (Ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Pub Co.
- KEEVES, J. P. (1998). Methods and processes in Research in science education. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber.
- KEMPA, R. F. (1986). *Assessment in Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- KEMPA, R. F. (1991). Students' learning difficulties in science. Causes and possible remedies. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (2).
- KLOPPER, L. E. (1983). Research and the crisis in science education. *Science Education*, 67 (3), 283-84.
- LANGÉVIN, P. (1926). La valeur éducative de l'histoire des sciences. *Bulletin de la Société Française de Pédagogie*, 22, décembre 1926.
- LAWSON, A. F. (1994). Research on the acquisition of Science Knowledge: epistemological foundations of cognition. Em Gabel, D. L. (Ed.) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* New York: MacMillan Pub Co.
- LAZAROWITZ, R. e TAMIR, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science. Em Gabel, D. L. (Ed.) (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, New York: MacMillan Pub Co.

- LEITE, L. (1993). *Concepções Alternativas em Mecânica: um contributo para a compreensão do seu conteúdo e persistência*. Tese de Doutoramento. Universidade do Minho.
- LEMKE, J. L. (1998). Analysing verbal data: principles, methods and problems. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.) *International Handbook of Science Education*. London: Kluber.
- LILLO, J. (1994). Los trabajos prácticos de Ciencias Naturales como actividad reflexiva, crítica y creativa. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 2, 47-56.
- LINN, M. C. (1987). Establishing a research base for science education: challenges, trends and recommendations. *Journal of Research in Science Teaching*, 24 (3), 191-216.
- LLORENS, J. A. (1987). Propuesta y aplicación de una metodología para el análisis de la adquisición de conceptos en la introducción a la teoría atómico-molecular: percepción de los hechos experimentales, sus representaciones y el uso del lenguaje en alumnos de formación profesional y bachillerato. Tesis Doctoral. Universitat de Valencia. Departamento: Química-Física.
- LOPES, J. B. (1993). *Formação de Professores com base num modelo de Ensino-Aprendizagem de Física centrado na resolução de problemas*. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro.
- LOPES, J. M. (1994). *Supervisão do Trabalho Experimental no 3º Ciclo do Ensino Básico: um modelo inovador*. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro.
- LOPES, J. B. (1999). *Avaliação Multidimensional de Campos Conceptuais de Mecânica. Papel da Modelização na Aprendizagem*. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real.
- LOUREIRO, M. J. (1987). Études des pré-representations en electricité des élèves de l'enseignement secondaire. Mémoire de post-graduation. Universidade de Mons.França.
- LOWE, R. (1996). Les nouvelles technologies, voie royale pour améliorer l'apprentissage des sciences par l'image?, *ASTER*, 22, 173-194.
- LUNETTA, V. N. (1998). The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teaching. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education* London: Kluber.
- MALONEY, D. P. (1994). Research on problem solving: Physics. Em Gabel, D. L. (Ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Pub Co.
- MANRIQUE, M. J., VARELA, P. e FAVIERES, A. (1989). Selección bibliográfica sobre esquemas alternativos de los estudiantes en electricidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (3), 292-295.
- MARÍN, N. (1994). *Evolución de los esquemas explicativos en situaciones de equilibrio mecánico*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- MARÍN, N. (1999). Delimitando el campo de aplicación del cambio conceptual, *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 80-92.

- MARQUES, L. (1988). Alternative frameworks of urban portuguese people aged 10-11 and 14-15 with respect to earth, life and volcanoes. Tese de Mestrado. Universidade de Keele. U. K.
- MARQUES, L. (1994). From misconceptions to modified teaching-learning strategies in Earth Sciences in portuguese secondary education. Tese de Doutoramento. Universidade de Keele. U. K.
- MARTÍN DEL POZO, R. (1994). El conocimiento del cambio químico en la formación inicial del profesorado. Estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de los estudiantes de Magisterio. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
- MARTÍNEZ TERRADES, S. F. (1998). La didáctica de las ciencias como campo específico de conocimientos. Génesis, estado actual y perspectivas. Tesis Doctoral. Universitat de València.
- MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1987). La resolución de problemas de Física como investigación: un instrumento de cambio metodológico. Tesis doctoral. Facultad de Físicas. Universidad de Valencia.
- MARTINS, I. (1989). A energia nas reacções químicas: modelos interpretativos usados por alunos do Ensino Secundário. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro.
- MARTINS, I. e CACHAPUZ, A. (1990). How do pupils perceive the concept of energy in chemical situations? *School Science Review*, 71 (257), 83-88.
- MARTINS, I. e VEIGA, M. L. (1999). *Uma análise do currículo da escolaridade básica na perspectiva da Educação em Ciências*. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.
- MASKILL, R., CACHAPUZ, A. e KOULADIS, V. (1997). Young pupils' ideas about the microscopic nature of matter in three different European countries. *International Journal of Science Education*, 19 (6), 631-645.
- MATTHEWS, M. R. (1994a). Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 255-277.
- MATTHEWS, M.R. (1994b). Vino viejo en botellas nuevas: un problema con la epistemología constructivista. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (1), 79-88.
- McCLELAND, J. A. G. (1984). Alternative frameworks: Interpretation of evidence, *European journal of Science Education*, nº 6, 1-6.
- McDERMOTT, L. C. (1990). A perspective on teacher preparation in physics — other sciences: the need for special science courses for teachers. *American Journal of Physics*, v. 58, nº 8, 734-742.
- McFARLANE, A. E. e FRIEDLER, Y. (1998). Where you want it, when you want it: the role of portable computers in science education. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber: London.
- MIGUÉNS, M. e GARRETT, R. M. (1991). Prácticas en la enseñanza de las Ciencias. Problemas y Posibilidades. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 9, nº 3, 229-236.
- MIGUÉNS, M., SERRA, P., SIMÕES, H. e ROLDÃO, M. C. (1996). *Dimensões formativas de disciplinas do ensino básico. Ciências da Natureza*. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.

- MILLAR, R. e DRIVER, R. (1987). Beyond processes. *Studies in Science Education*, nº 14, 33-62.
- MILLOT, M. C. (1996). Place des nouvelles technologies dans l'enseignement de la physique-chimie. *Didaskalia*, 8, 97-109.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA (MEC) (1989). *Diseño Curricular Base. Educación Secundaria Obligatoria*. Madrid: Ed. MEC.
- MOJE, E. B. (1995). Talking about Science: An Interpretation of the Effects of Teacher Talk in a High School Science Classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 32, nº 4, 349-371.
- MONTANERO, M. (1994). *Aportaciones de nuevos elementos al modelo constructivista de enseñanza/aprendizaje aplicada a la enseñanza de la Física*. Badajoz: Universidad de Extremadura.
- MORAIS (ex-DOMINGOS), A. M. (1984). Social class, pedagogic practice and achievement in science: a study of secondary schools in Portugal. Tese de Doutoramento. Londres: Universidade de Londres.
- MORAIS (ex-DOMINGOS), A. M., BARRADAS, H., RAINHA, H. e NEVES, I. P. (1986). *A Teoria de Bernstein em Sociologia da Educação*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- MORAIS, A. M., PONTE, J. e VALENTE, O. (1993). Formar Professores para o Ensino de Ciências e Matemática. *Revista de Educação*, v. III, nº 1, 125-130.
- MORAIS, A. M. et al. (1992). *Socialização primária e prática pedagógica: Vol. 1*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- MORAIS, A. M. et al. (1993). *Socialização primária e prática pedagógica: Vol. 2*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- MUMBY, H. e RUSELL, T. (1998). Epistemology and context in research on learning to teach science. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.), *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers, 643-665.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, (1996). *National Science Education Standards*. Washington, D. C.: National Academy Press.
- NETO, A. J. (1995). Contributos para uma Nova Didáctica da Resolução de Problemas: um estudo de orientação metacognitiva em aulas de Física do Ensino Secundário. Tese de Doutoramento. Évora: Universidade de Évora.
- NEVES, I. P. (1991). Práticas pedagógicas diferenciais na família e suas implicações no (in)sucesso em ciências. Fontes de continuidade e de descontinuidade entre os códigos da família e da escola. Tese de Doutoramento. Lisboa: Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- NICHOLS, S. E., GILMER, P. J., THOMPSON, A. D. e DAVIS, N. (1998). Women in Science: expanding the vision. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers, 967-979.
- NOVAK, J. D. (1982). *Teoría y Práctica de la Educación*. Madrid: Alianza Universidad.

- NOVAK, J. D. (1988). Constructivismo humano: un consenso emergente. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 213-223.
- NOVAK, J. D. (1989). Helping Students to Learn. A view from Teacher-Reserarch. Em *Actas do III Congreso Internacional sobre La Didáctica de las Ciencias e Matemáticas*. Compostela: Santiago de Compostela.
- NÚÑEZ, F. (1994). Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias. Aplicación al estudio de la nutrición humana en la Educación Secundaria Obligatoria. Tesis Doctoral. Murcia: Universidad de Murcia.
- OLIVA, J. M. (1994). Influencia de las variables cognitivas en la construcción de conocimientos de mecánica. Un estudio empírico y un análisis computacional. Tesis Doctoral. Madrid: Universidad Nacional a Distancia.
- OLIVA, J. M. (1999). Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 93-107.
- OLIVEIRA, M. (1993). A Criatividade, o Pensamento Crítico e o Aproveitamento Escolar em Alunos de Ciências. (Física e/ou Química, 11º, 12º e Superior). Tese de Doutoramento. Lisboa: Faculdade de Ciências de Lisboa.
- OLIVEIRA, T. (Coord.) (1991). *Didáctica da Biologia*. Lisboa: Universidade Aberta.
- OLIVEIRA, T. (1997). A metáfora, a analogia e a construção do conhecimento científico no ensino e na aprendizagem. Uma Abordagem Didáctica. Tese de Doutoramento. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa.
- OÑORBE, A. (1993). Análisis de dificultades en la enseñanza-aprendizaje de la resolución de problemas de Física y Química. Tesis Doctoral. Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá de Henares.
- OÑORBE, A. (1995). La resolución de problemas. *Alambique*, nº 5, 4-5.
- ORION, N. (1993). A model for the development and implementation of field trips as na integral part of the science curriculum. *School Science and Mathematics*, v. 93, nº 6, 325-331.
- OSBORNE, J. F. (1996). Beyond constructivism. *Science Education*, 80 (1), 53-82.
- OSBORNE, R. e WITTRUCK, M. (1983). Learning Science: a generative process. *Science Education*, 67, 490-508.
- PAIXÃO, M. F. (1998). Da Construção do Conhecimento Didáctico na Formação de Professores de Ciências. Conservação da Massa nas Reacções Químicas: Estudo de Índole Epistemológica. Tese de Doutoramento. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- PAIXÃO, M. F. e CACHAPUZ, A. (1999). La enseñanza de las ciencias y la formación de profesores de enseñanza primaria para la reforma curricular: de la teoría a la práctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 69-77.
- PAYÁ, J. (1991). Los trabajos prácticos en Física y Química: un análisis crítico y una propuesta fundamentada. Tesis Doctoral. València: Universitat de València.
- PEDRINACI, E. (1996). Sobre la persistencia no de las ideas del alumnado en Geología. *Alambique*, nº 7, 27-36.

- PEDROSA, H. (1991). An investigation of pupil's questions in science teaching. Tese de Doutoramento. Norwich-U. K.: University of East Anglia.
- PERNICK, J. E. e YAGER, R. E. (1986). Trends in science education: some observations of exemplary programs in the United States. *European Journal of Science Education*, v. 8, nº 1, 1-9.
- PERALES, F. J. (1993). El constructivismo en la didáctica de las ciencias. "Luces y sombras". XIV Encuentros en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Cáceres.
- PERALES, F. J. e NIEVA, F. (1988). Nociones de los alumnos sobre conceptos de óptica geométrica. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (1), 86-89.
- PEREIRA, D. C. (1979). Structure of communication and the learning of chemistry. Tese de Doutoramento. Norwich-U. K.: University of East Anglia.
- PEREIRA, M. (Coord.) (1992). *Didáctica das Ciências da Natureza*. Lisboa: Universidade Aberta.
- PÉREZ DE EULATE, L. (1992). Utilización de los conceptos previos de los alumnos en la enseñanza/aprendizaje de conocimientos en Biología. La nutrición humana: una propuesta de cambio conceptual. Tesis Doctoral. Bilbao: Universidad País Vasco.
- PÉREZ GÓMEZ, A. I. (1978). *Las fronteras de la educación. Epistemología y ciencias de la educación*. Madrid: Zero.
- PIAGET, J. (1969). *Psicología y Pedagogía*. Barcelona: Ariel.
- PINTÓ, R. (1991). Algunos aspectos implícitos en la primera y segunda ley de la termodinámica: una aportación al estudio de las dificultades de su aprendizaje. Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- PINTÓ, R., ALIBERAS, J. e GÓMEZ, R. (1996). Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 221-232.
- POPE, M. L. e GILBERT, J. (1983). Personal experience and the construction of knowledge in science. *Science Education*, 67, 193-203.
- PORLÁN, R. (1989). Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional: las concepciones epistemológicas de los profesores. Tesis Doctoral. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- PORLÁN, R. (1993a). La didáctica de las ciencias: una disciplina emergente. *Cuadernos de Pedagogía*, nº 210, 68-71.
- PORLÁN, R. (1993b). *Constructivismo y Escuela. Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación*. Sevilla: Diada.
- PORLÁN, R. (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), 175-185.
- PORLÁN, R. e MARTÍN, R. (1994). El saber práctico de los profesores especialistas. Aportaciones desde las didácticas específicas. *Investigación en la Escuela*, nº 24, 49-59.
- PORLAN, R. e RIVERO, A. (1998). *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Diada.

- POSNER, G. J., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W. e GERTZOG, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- POZO, J. I. (1987). *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Madrid: Visor.
- POZO, J. I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- POZO, J. I. (1992). El aprendizaje y la enseñanza de hechos y conceptos. Em Coll et al. (Eds.). *Los contenidos en la Reforma. Enseñanza de conceptos, procedimientos y actitudes*. Madrid: Santillana.
- POZO, J. I. et al. (1994). *La solución de problemas*. Madrid: Santillana.
- PRAIA, J. (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. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- PRAIA, J. e CACHAPUZ, A. (1994). Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento de los profesores portugueses de la enseñanza secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 350-354.
- PRAIA, J. e CACHAPUZ, A. (1998). Concepções Epistemológicas dos Professores Portugueses sobre o Trabalho Experimental. *Revista Portuguesa de Educação*, 11 (1), 71-85.
- PRAIA, J. e MARQUES, L. (1997). El Trabajo de Laboratorio en la Enseñanza de la Geología: reflexión crítica y fundamentos epistemológico-didácticos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5 (2), 95-106.
- PUEY, L. (1992). Alternativas en la introducción de conceptos de Óptica en BUP y COU. Tesis Doctoral. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
- RAFEL, J. (1990). Formació de conceptes al voltant dels canvis d'estat d'agregació de la materia. Cas particular: el equilibri líquid-vapor. Tesis Doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- RAMÍREZ, L. (1990). La resolución de problemas de Física y Química como investigación en la enseñanza media, un instrumento de cambio metodológico. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Químicas. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- RAMÍREZ, L., GIL-PÉREZ, D. e MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1994). *La resolución de problemas de Física y de Química como investigación*. Madrid: MEC.
- RAMOS, R. (2000). Concepções alternativas dos alunos do 11º ano sobre o Ciclo Litológico: seu diagnóstico e alguns contributos para a sua compreensão. Tese de Mestrado. Coimbra: Universidade de Coimbra.
- REBELO, D. (1998). O Trabalho de Campo em Geociências na Formação de Professores. Tese de Mestrado. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- REBELO, D., MARQUES, L. e PRAIA, J. (1999). O Trabalho de Campo no Ensino das Geociências: um exemplo de construção de materiais curriculares para o Cabo Mondego. *Geonovas*, nº 13, 58-64.
- RESNICK, L. B. (1983). Mathematics and Science Learning: a new conception. *Science*, 220, 477-478.

- REYES, J. V. (1991). La resolución de problemas de Química como investigación: una propuesta didáctica basada en el cambio metodológico. Tesis Doctoral. Bilbao: Universidad del País Vasco.
- RUIVO, M L. (1994). Representações dos Professores acerca do Trabalho Prático na disciplina de Ciências Naturais do 7º ano de escolaridade. Teses de Mestrado. Braga: Universidade do Minho.
- SÁ, J. G. (1996). Estratégias de Desenvolvimento do Pensamento Científico em Crianças do 1º Ciclo. Tese de Doutoramento. Braga: Universidade do Minho.
- SÁ, J. e CARVALHO, G. S. (1997). *Ensino Experimental das Ciências. Definir uma estratégia para o 1º ciclo*. Centro/Instituto de Estudos da Ciança. Braga: Universidade do Minho.
- SALINAS, J. (1994). Las prácticas de Física Básica en laboratorios universitarios. Tesis Doctoral. València: Universitat de València.
- SANMARTÍ, N. (1990). Estudio sobre las dificultades de los estudiantes en la comprensión de la diferenciación entre los conceptos de mezcla y de compuesto. Tesis Doctoral. Lleida. Barcelona: Facultat de Ciències Químiques de la Universitat Autònoma de Barcelona.
- SANTOS, M. E. (1989). Para uma pedagogia da mudança conceptual. Estudo de orientação epistemológica. Tese de Mestrado. Lisboa: Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- SANTOS, M. E. (1998). Respostas curriculares a mudanças de ethos da Ciência. Os manuais escolares como reflexo dessas mudanças. Tese de Doutoramento. Lisboa: Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- SCHECKER, H.P. (1998). Integration of experimenting and modelling by advanced educational technology: examples from nuclear physics. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber.
- SEQUEIRA, M. e DUARTE, M. C. (1991). Student's alternative frameworks and teaching strategies: a pilot (study). *European Journal of Teacher Education*, 14 (1), 31-43.
- SEQUEIRA, M. e LEITE, L. (1988). A História da Ciência no Ensino-aprendizagem das Ciências. *Revista Portuguesa de Educação*, 11 (2), 29-40.
- SEQUEIRA, M. e LEITE, L. (1991). Alternative conceptions and the History of Science in Physics Teacher Education. *Science Education*, 75 (1), 45-56.
- SERRANO, T. (1987). Representaciones de los alumnos en Biología: estado de la cuestión y problemas para su investigación en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (3), 181-188.
- SERRANO, T. (1992). *El desarrollo conceptual del sistema nervioso en los niños de 5 a 14 años. Modelos mentales*. Madrid: Universidad Complutense.
- SERRANO, C. (1996). Formação de Professores de Ciências (Geologia-Biologia): Abordagem de Temas Multidisciplinares. Tese de Mestrado. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- SHULMAN, L. S. (1987). Knowledge & Teaching: foundations of new reform. *Harvard Educational Review*, nº 57, 1-22.

- SILVA, A. A. (1997). Uma modelização didáctica social-construtivista e ecológica. Tese de Doutoramento. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- SILVA, A. A. (1999). *Didáctica da Física*. Porto: Edições Asa.
- SIMPSON, R. D., KOBALLA Jr., T. R., OLIVER, J. S. e CRAWLEY, F. E. (1994). Research on the affective dimension of science learning. Em Gabel, D. L. (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Pub Co., 211-236.
- SOLBES, J. e VILCHES, A. (1989). Interacciones CTS: un instrumento de cambio actitudinal. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (1), 14-20.
- SOLBES, J. e VILCHES, A. (1997). STS interactions and the teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81 (4), 377-386.
- SOLOMON, J. (1994). The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education*, 23, 1-19.
- SONGER, N. B. (1998). Can technology bring students closer to science? Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber.
- SPITULNIK, M. W., STRATFORD, S., KRAJCIK, J. e SOLOWAY, E. (1998). Using Technology to support students' artefact construction in science. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber.
- SUCHTING, W. A. (1992). Constructivism deconstructed. *Science & Education*, 1 (3), 223-254.
- SUTTON, C. (1982). The language of science. *International Encyclopedia of Education*.
- SUTTON, C. (1997). Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje. *Alambique*, nº 12, 8-32.
- TAMIR, P. (1998). Assessment and evaluation in science education: opportunities to learn and outcomes. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers, 761-790.
- TIBERGHIE, A. (1983). La investigación en un laboratorio de didáctica de las ciencias físicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 1 (3), 187-192.
- TIBERGHIE, A. (1985). Quelques éléments sur l'évolution de la recherche en didactique de la physique. *Revue Française de Pédagogie*, nº 72, 71-86.
- THOMAZ, M. F. (1990). Um modelo construtivista para a formação de professores. Em Tavares, J. e Moreira, A. (Eds.). *Desenvolvimento, Aprendizagem, Currículo e Supervisão*. Aveiro: Universidade de Aveiro, 165-177.
- THOMAZ, M. F., CRUZ, M. N., MARTINS, I. P. e CACHAPUZ, A. F. (1996). Concepciones de futuros profesores del primer ciclo de primaria sobre la naturaleza de la ciencia: contribuciones de la formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), 315-322.
- THOMPSON, D. (1993). Geoscience Education in Schools Worldwide — a summary report on the presentations at the First International Geoscience Education Conference Southampton 1993. *Teaching Earth Science*, 18 (4), 123-129.
- THOMPSON, D., PRAIA, J. e MARQUES, L. (2000). The importance of History and Epistemology in the designing of Earth Science curriculum materials for general Science Education. *Research in Science e Technological Education*, 18 (1), 45-62.

- TOBIN, K. e ULERICK, S. (1995). Relationships between metaphors beliefs and actions in a context of science curriculum change. *Journal Research in Science Teaching*, 32 (3), 225-242.
- TOULMIN, S. (1977). *La comprensión humana. I: el uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza.
- TRINDADE, V. M. (1991). Contributos para o estudo da atitude científica dos professores. Tese de Doutoramento. Évora: Universidade de Évora.
- TRINDADE, V. e OLIVEIRA, V. (1993). A Formação inicial de Professores e a disciplina de Didáctica das Ciências na Universidade de Évora. *Revista de Educação*, v. III, nº 2, 77-91.
- VALADARES, J. e PEREIRA, D. C. (1991). *Didáctica da Física e da Química*. Lisboa: Universidade Aberta.
- VALDÉS, R. e VALDÉS, P. (1994). Utilización de los ordenadores en la enseñanza de la física. *Revista Española de Física*, 8 (4), 50-52.
- VALENTE, M. O. (1980). Da natureza da Ciência à atmosfera das aulas de Física. *Gazeta de Física*, v. VII, nº 1 e 2, 1-7.
- VALENTE, M. O. (1988). Inovação e Metodologias de Ensino. *Inovação*, v. 1, nº 1, 23-24.
- VALENTE, M. J. (1999). Uma leitura pedagógica da construção histórica do conceito de energia. Contributo para uma Didáctica Crítica. Tese de Doutoramento. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa.
- VAN DEN AKKER, J. (1998). The Science Curriculum: between ideals and outcomes. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber, 421-447.
- VARELA, P. (1994). La resolución de problemas en la Enseñanza de las Ciencias. Aspectos didácticos y cognitivos. Tesis Doctoral. Madrid: Universidad Complutense.
- VARELA, P. (1996). Las ideas del alumnado en Física. *Alambique*, nº 7, 45-52.
- VASCONCELOS, N. (1987). Motion and Forces: a view of student's ideas in motion to physics teaching. Tese de Doutoramento. Londres: Universidade de Londres.
- VEIGA, M. (1988). *A study of scientific and every day versions of some fundamental science concepts*. Tese de Doutoramento. Reino Unido: Universidade de East Anglia.
- VIENNOT, L. (1976). Le Raisonnement Spontané en Dynamique élémentaire. Thèse d'Etat. Université Paris 7. Paris: Herman.
- VIENNOT, L. (1989). L'enseignement des sciences physiques objet de recherche. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, nº 716, 899-910.
- VIENNOT, L. (1997). Former en didactique, former sur le contenu? *Didaskalia*, nº 10, 75-96.
- WALLACE, J. e LOUDEN, W. (1998). Curriculum change in science: riding the waves of Reform. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers, 471-475.
- WANDERSEE, J. H., MINTZES, J. J. e NOVAK, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. Em Gabel, D. L. (Ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Pub Co, 177-210.

- WELCH, W. (1985). Research in science education: review and recommendations. *Science Education*, nº 69, 421-448.
- WINNE, P. H. (1979). Experiments Relating Teachers' Use of Higher Cognitive Questions to Student Achievement. *Review of Educational Research*, 49 (1), 13-50.
- YAGER, R. E. e KAHLE, J. B. (1982). Priorities for needed policies and research in science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 17, 523-530.
- YAGER, R. E. e PENICK, J. E. (1983). Analysis of the current problems with school science in the USA. *European Journal of Science Education*, v. 5, 463-459.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS INCLUÍDAS AO LONGO DO LIVRO

Nota: Indica-se entre parêntesis os capítulos em que cada referência bibliográfica aparece.

- ABRAMOVITZ, J. N. (1998). La conservación de los bosques del planeta. Em Brown, L. R., Flavin, C. e French, H. (Eds.). *La situación del mundo 1998*. Barcelona: Icaria. [7]
- ABRAMS, E. e WANDERSEE, J. H. (1995). How to infuse actual scientific research practices into science classroom instruction. *International Journal of Science Education*, v. 17, 6, 683-694. [2]
- ACEVEDO, J. A. (1996). La tecnología en las relaciones CTS. una aproximación al tema. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (1), 35-44. [2]
- AIKENHEAD, G. S. (1985). Collective decision making in the social context of science. *Science Education*, 69 (4), 453-475. [1], [5], [7]
- AIKENHEAD, G. S. (1986). Preparing undergraduate science teachers in STS: a course in the Epistemology and Sociology of Science. Em James, R. (Ed.). *Science, Technology and Society resources for Science Educators*. Columbus, Ohio: Association for the Education of Teachers in Science. [3]
- ALIBERAS, J., GUTIERREZ, R. e IZQUIERDO, M. (1989). La didáctica de les ciencies: una empresa racional. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (3), 277-284. [8]
- ALMEIDA, A. (1995). Trabalho experimental na educação em ciência: epistemologia, representações e prática dos professores. Tese de Mestrado. Universidade Nova de Lisboa. [8]
- ALMENAR, R., BONO, E. e GARCÍA, E. (1998). *La sostenibilidad del desarrollo: El caso valenciano*. Valencia: Fundació Bancaixa. [7]
- ALONSO, M. (1994) La evaluación en la enseñanza de la Física como instrumento de aprendizaje. Tesis Doctoral. Universitat de València. [8]

- ALONSO, M., GIL-PÉREZ, D. e MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1996). Evaluar no es calificar. La evaluación y la calificación en una enseñanza constructivista de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 30, 15-26. [8]
- AMADOR, F. (1998). *As Imagens no Ensino da Geologia*. Cadernos Didáticos, Série Ciências nº2. Universidade de Aveiro. [8]
- ANDERSON, B. (1999). Evaluating students' knowledge understanding and view points concerning "the state of the world in the spirit of developmental validity". Second International Conference of the ESERA. Kiel, Alemania. Páginas 149-151. [7]
- ANDERSON, O. R. (1997). A Neurocognitive Perspective on Current Learning Theory and Science Instructional Strategies. *Science Education*, 81 (1), 67-89. [5]
- ANDERSON, R. D. e MITCHENER, C. P. (1994). Research on science teacher education. Em Gabel, D. L. (Ed.), 1994. *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. N. Y.: MacMillan. [8]
- ANDRADE, G. P. (1991). *Ensino da Geologia: Temas Didáticos*. Lisboa: Universidade Aberta. [8]
- ANTUNES, H. (1999). Contexto Regulador e Ensino das Ciências: um estudo com crianças dos estratos sociais mais baixos. Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. [8]
- ASTOLFI, J. P. e DEVELAY, M. (1993). *La Didactique des Sciences*. 3ª Ed., Paris : Presses Universitaires de France. [8]
- ATKIN, J. M. e HELMS, J. (1993). Getting serious about priorities in science education. *Studies in Science Education*, 21, 1-20. [1]
- ATWATER, M. M. (1994). Research on cultural diversity in the classroom. Em Gabel, D. L. (Ed.) (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. N. Y.: MacMillan Pub Co. [8]
- AUSUBEL, D. P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view* N. Y. Holt, Rinehart e Winston, Versión española: Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo. México: Trillas. [5], [8]
- BACHELARD, G. (1938). *La Formation de L'esprit scientifique*. Paris: Vrin. [2], [3], [5], [8]
- BACHELARD, G. (1981). *La Philosophie du Non*. Ed., Paris: Presse Universitaire de France. [3]
- BADY, R. J., 1979. Students' understanding of the logic of hypothesis testing. *Journal of Research Science Teaching*, 16 (1): 61-65. [4]
- BAILLO, M. (1992). *Razonamiento, teorías causales y conflicto cognitivo en la solución de problemas de densidad*. Tesis Doctoral Facultad de Psicología. Universidad de Barcelona. [8]
- BAKER, D. R. (1998). Equity Issues in Science Education. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers. [1], [8]
- BANCO MUNDIAL (2000). En el umbral del siglo XXI. *Informe sobre desarrollo mundial, 1999-2000*. Madrid: Mundi Prensa. [7]
- BARBERÁ, O. e SANJOSÉ, V. (1990). Juegos de simulación por ordenador: un útil para la enseñanza a todos los niveles. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (1), 46-51. [8]

- BARBOSA, M. V. (1991). Uma contribuição para o estudo da mudança na concepção do ensino das ciências. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. [8]
- BÁRRIOS, A., MASKILL, R. e PEREIRA, M. P. (1989). Auto-análise crítica na formação de professores de Ciências. Em: Actas do Simpósio “Formação de Professores de Química/Ciências — Desafios para um Mundo em Mudança”, 193-204. Sociedade Portuguesa de Química. Lisboa. [8]
- BAUMAN, R. (1983). Research, anyone? *The Physics Teacher*, 21, 77 e 113. [8]
- BELL, B. (1998). Teacher development in Science Education. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education* London: Kluber. [8]
- BELL, B. F. e PEARSON, J. (1992). Better Learning. *International Journal of Science Education*, 14 (3), 349-361. [2], [5]
- BENLLOCH, M. (1993). La génesis de las ideas sobre la composición de la materia. Tesis Doctoral Facultad de Psicología. Universidad de Barcelona. [8]
- BERGER, C. F. (1979). What are the implications of paradigms research for science Education Research? *Journal of Research in Science Teaching*, 16 (6), 517-521. [8]
- BERNAL, J. D. (1967). *Historia Social de la Ciencia*. Barcelona: Península. [2]
- BEVIÁ, J. L. (1994). Los trabajos prácticos de Ciencias Naturales como actividad reflexiva, crítica y creativa. In: *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 2, 47-56. [4]
- BONITO, J. (1996). As Actividades Práticas no Ensino das Geociências. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra. [8]
- BOWEN, B. L. (1975). The need for paradigms in science education research. *Science Education*, 59 (3), 423-430. [8]
- BRISCOE, C. (1991). The dynamic interactions among beliefs, role metaphores and teching practices. A case study of teacher change. *Science Education*, 75 (2), 185-199. [8]
- BROWN, L. R. (1993). El inicio de una nueva era. Em Brown, L. R., Flavin C. e French, H. (Eds.). *La situación del mundo 1993*. Barcelona: Apóstrofe. [7]
- BROWN, L. R. (1998). El futuro del crecimiento. Em Brown, L. R., Flavin, C. e French, H. (Eds.). *La situación del mundo 1998*. Barcelona: Icaria. [7]
- BROWN, L. R. e FLAVIN, C. (1999). Una nueva economía para un nuevo siglo. Em Brown, L. R., Flavin, C. e French, H. (Eds.). *La situación del mundo 1999*. Barcelona: Icaria. [7]
- BROWN, L. R., FLAVIN, C. e FRENCH, H. (Eds.) (1984-2004). *The state of the world*. New York: W. W. Norton. [7]
- BROWN, L. R. e MITCHELL, J. (1998). La construcción de una nueva economía. Em Brown, L. R., Flavin, C. e French, H. (Eds.). *La situación del mundo 1998*. Barcelona: Icaria. [7]
- BUNGE, M. (1976). *Filosofía de la Física*. Barcelona: Ariel. [2]
- BUNGE, M. (1976). *La Investigación Científica*. Barcelona: Ariel. [3]
- BUNGE, M. (1980). *Epistemología*. Barcelona: Ariel. [2], [3]
- BUNGE, M. (1997) *Ciencia, Técnica y Desarrollo*. Buenos Aires: Juárez Ed. [2]

- BURBULES, N. C. e LINN, M. C. (1991). Science Education and Philosophy of Science: congruence or contradiction? *International Journal of Science Education*, 13 (3), 227-241. [3], [5], [8]
- BUTTON, J. e FRIENDS OF THE EARTH (1990). *¡Házte! verde!* Barcelona: Integral. [7]
- BYBEE, R. (1991). Planet Earth in crisis: how should science educators respond? *The American Biology Teacher*, 53 (3), 146-153. [1]
- BYBEE, R. (1997). Towards an Understanding of Scientific Literacy. Em Gräber, W. e Bolte, C. (Eds.). *Scientific Literacy*. Kiel: IPN. [1]
- BYBEE, R. (2000). Achieving Technological Literacy: A National Imperative. *The Technology Teacher*, September 2000, 23-28. [2]
- BYBEE, R. e DEBOER, G. B. (1994). Research on goals for the science curriculum. Em Gabel, D. L. (Ed.). *Handbook of Research in Science Teaching and Learning*. New York: McMillan P. C. [1], [8]
- BYBEE, R.W. e BEN ZVI, N. (1998). Science Curriculum: transforming goals to practices. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.) *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers. [8]
- CAAMAÑO, A. (1992). Concepciones de los alumnos sobre compuestos, estructura de la materia y el cambio químico. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. Facultad de Químicas. [8]
- CAAMAÑO, A., CARRASCOSA, J. e OÑORBE, A. (1994). Los trabajos prácticos en las Ciencias Experimentales. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 2, 4-5. [8]
- CACHAPUZ, A. (1989). Linguagem Metafórica e o Ensino das Ciências. *Revista Portuguesa de Educação*, 2 (3), 117-129. [8]
- CACHAPUZ, A. (1992). Filosofia da Ciência e Ensino da Química: repensar o papel do trabalho experimental. Actas do Congreso *Las Didácticas Específicas en la Formación del Profesorado*, Tomo II, v. 1, 357-363. Santiago de Compostela. [3], [4]
- CACHAPUZ, A. (1995a). O Ensino das Ciências para a Excelência das Aprendizagens. Em Carvalho, A. D. de (Org.). *Novas Metodologías em Educação*. Porto: Porto Editora. [8]
- CACHAPUZ, A. (1995b). Da investigação Sobre e Para os Professores à Investigação Com e Pelos Professores de Ciências. Em Lorenzo J. Blanco Nieto e Vicente Mellado Jiménez (Coords.). *La formación del Profesorado de Ciencias y Matemáticas en España y Portugal*, 243-254. Badajoz: Universidad de Extremadura. [8]
- CACHAPUZ, A. (1997). Investigação em Didáctica das Ciências em Portugal: um balanço crítico. Em Selma Garrido Pimenta (Org.). *Didática e Formação de Professores: percursos e perspectivas no Brasil e em Portugal*. 205-240. São Paulo: Cortez Editora. [8]
- CACHAPUZ, A. e MARTINS, I. (1993). Looking at science experiments through the students' eyes. *Science Education International*, 4 (1), 16-18. [8]
- CACHAPUZ, A., PRAIA, J., GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J. e MARTÍNEZ-TERRADES, F. (2001). A emergência da didáctica das ciências como campo específico de conhecimento. *Revista Portuguesa de Educação*, 14 (1), 155-195.
- CACHAPUZ, A., PRAIA, J. e JORGE M. (2000). Reflexão em torno de perspectivas do ensino das ciências: contributos para uma nova orientação escolar — ensino por pesquisa. *Revista de Educação*, v. IX, nº 1, 69-79. [3], [5], [8]

- CACHAPUZ, A., PRAIA, J. e JORGE, M. (2001). Perspectivas de Ensino. Em *Formação de Professores de Ciências*, nº 1, Cachapuz, A. (Org.). Centro de Estudos de Educação em Ciência. Porto. [4]
- CAJAS, F. (1999). Public Understanding of Science: Using technology to Enhance School Science in Everyday Life. *International Journal of Science Education*, 21 (7), 765-773. [2]
- CAJAS, F. (2001). Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 243-254. [2]
- CAMPOS, C. (1996). Imagens de Ciência veiculadas por Manuais de Química do Ensino Secundário — implicações na Formação de Professores de Física e Química. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro. [8]
- CAMPOS, C. e CACHAPUZ, A. (1997). Imagens de Ciência em manuais de química portugueses, *Química Nova*, 6, 23-29. [3]
- CAÑAL, P. (1990). La enseñanza en el campo conceptual de la nutrición de las plantas verdes. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla. [8]
- CAÑAL, P. (1998). *Proyecto Docente*. Obra inédita. Universidad de Sevilla. [8]
- CAÑAL, P. e PORLÁN, R. (1988). Bases para un programa de investigación en torno a un modelo didáctico de tipo sistémico e investigativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (1), 54-60. [8]
- CARNICER, J. (1998). *El cambio didáctico en el profesorado de ciencias mediante tutorías en equipos cooperativos*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia. [8]
- CARRASCOSA, J. (1983). Errores conceptuales en la Enseñanza de las Ciencias: Selección bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 1, 63-65. [8]
- CARRASCOSA, J. (1985). Errores conceptuales en la enseñanza de la física y la química: una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 3 (3), 230-234. [8]
- CARRASCOSA, J. (1987). Tratamiento didáctico en la Enseñanza de las Ciencias de los errores conceptuales. Tesis Doctoral. Valencia: Servei de Publicacions de la Universitat de Valencia. [8]
- CARRASCOSA, J. e GIL-PÉREZ, D. (1992). Concepciones alternativas en Mecánica. *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (3), 314-328. [8]
- CARRASCOSA, J. e MARTÍNEZ, S. (1997). *Problemas, cuestiones y ejercicios de Física*. Madrid: Santillana. [8]
- CARRETERO, M. (1987). Prólogo del libro de Pozo, I. *El aprendizaje de las ciencias y pensamiento causal*. Madrid: Visor. [8]
- CARRETERO, M. e LIMÓN, M. (1996). Problemas actuales del constructivismo. De la teoría a la práctica. Em Rodrigo, M. J. e Arnay, R. (Eds.). *La construcción del conocimiento escolar. Ecos de un debate*. Buenos Aires: Auque. [5], [8]
- CARRILHO, M. M. (1994). *A Filosofia das Ciências*. (De Bacon a Feyerabend). 1. Ed., 11-52. Lisboa: Editorial Presença. [3]
- CARSON, R. (1980). *Primavera Silenciosa*. Barcelona: Grijalbo. [1]
- CARVALHO, A. M. (1991). Portuguese pupils and the water cycle: Understanding interrelated scientific concepts. Tese de Doutoramento. Universidade de Londres. [8]
- CARVALHO, A. M. e GIL-PÉREZ, D. (1995). *Formação de Professores de Ciências. Tendências e inovações*. São Paulo: Cortez Editora. [8]

- CASSEN, B. (1997). ¡Para salvar la sociedad!. *Le Monde Diplomatique*, edición española, año II, nº 20, 5. [7]
- CATALÁN, A. e CATANY, M. (1996). *Educación ambiental en la Enseñanza Secundaria*. Madrid: Miraguano Ediciones. [8]
- CEBRIÁN, L. (1998). *La Red*. Madrid: Santillana. [8]
- CERVANTES, A. (1987). Los conceptos de calor y temperatura: una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 5, 66-70. [8]
- CHAGAS, I. (1993). Os Professores como Inovadores: um estudo de caso sobre a implementação do Videodisco Interactivo no Programa de Ciências do 6º ano. Tese de Doutoramento. Boston University. [8]
- CHAGAS, I. (1998). Software Educativo: o que dizem os Professores? Em *A Sociedade da Informação na Escola*. 111-117. Lisboa: Conselho Nacional de Educação. [8]
- CHALMERS, A. F. (1989). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo Veintiuno. [4]
- CHALMERS, A. F. (1990). *Science and its fabrication*. Minneapolis, MP: University of Minnesota Press. [2]
- CHALMERS, A. F. (1992). *La ciencia y como se elabora*. Madrid: Siglo XXI. [3]
- CLEMINSON, A. (1990). Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and of how children learn science. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (5), 429- 445. [2], [3]
- CLEMINSON, A. (1991). Establishing an Epistemological Base for Science Teaching in the Light of Contemporary Notions of the Nature of Science and of How Children Learn Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (5), 429- 445. [5]
- COELHO, J. M. (1998). Supervisão da Prática Pedagógico-Didáctica em Ciências: sua incidência na História e na Epistemologia. O caso da "Origem da Vida". Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro. [8]
- COLBORN, T., MYERS, J. P. e DUMANOSKI, D. (1997). *Nuestro futuro robado*. Madrid: ECOESPAÑA. [7]
- COLL, C. (1988). *Conocimiento psicológico y práctica educativa*. Barcelona: Barcanova. [8]
- COMÍN, P. e FONT, B. (1999). *Consumo Sostenible*. Barcelona: Icaria. [7]
- COMISSION MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE y DEL DESARROLLO (1988). *Nuestro Futuro Común*. Madrid: Alianza. [1]
- COMISSION MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO (1988). *Nuestro futuro común*. Madrid: Alianza Editorial. [7]
- CONSTANZA, R. et al. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260. [7]
- CORREIA, M. (1990). Persistência das ideias alternativas sobre permeabilidade à água em sistemas biológicos. Tese de Mestrado. Universidade do Minho. [8]
- CORTINA, A., ESCAMEZ, J., LLOPIS, J. A. e CIURANA, J. C. (1998). *Educar en la Justicia*. Valencia: Generalitat Valenciana. [7]
- COUTO, C. G. (1996). Estágio Pedagógico — Cooperação na Formação. *Revista de Educação*, VI, nº 1, 71-87. [8]
- COUTO, C. G. (1998). Professor: O Início da Prática Profissional. Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. [8]

- CRUZ, N. (1989). Utilização de estratégias metacognitivas no desenvolvimento da capacidade de resolver problemas — um estudo com alunos de Físico-Químicas do 10º ano. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. [8]
- CUNHA, J. M. A. (1999). A leitura crítica dos programas curriculares de Ciências Naturais pelos professores estagiários. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro. Aveiro. [8]
- D'OREY, J. L. (1998). Ideias Alternativas e Mudança Conceptual: um estudo com alunos do 11º ano sobre Sismologia. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro. [8]
- DALY, H. (1997). Criterios operativos para el desarrollo sostenible. Em Daly, H., Schütze, C., Beck, U. e Dahl, J. (Eds.). *Crisis ecológica y sociedad*. Valencia: Germania. [7]
- DE MANUEL, J. e GRAU, R. (1996). Concepciones y dificultades comunes en la construcción del pensamiento biológico. *Alambique*, 7, 53-63. [8]
- DE POSADA, J. M. (1993). Estudio de los constructos de los alumnos y análisis secuencial de libros de texto en los niveles de BUP y COU en relación con la estructura de la materia y el enlace químico. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga. [8]
- DE SELYS, G. (1998). La escuela, gran mercado del siglo XXI. *Le Monde diplomatique*, edición española, número de Junio, 28-29. [8]
- DE VRIES, M. (1996). Technology Education: Beyond the 'Technology is Applied Science' Paradigm (Guest Article). *Journal of Technology Education*, 8 (1), 7-15. [2]
- DEBOER, G. B. (2000). Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (6), 582-601. [1]
- DECLARACIÓN DE BUDAPEST (1999). *Marco general de Acción de la Declaración de Budapest*, <http://www.oei.org.co/cts/budapest.dec.htm>. [1]
- DEL CARMEN, L. (1995). Presentación de la monografía "La evaluación de los aprendizajes". *Alambique*, nº 4, 4-5. [8]
- DEL CARMEN, L. (1996). *El análisis y secuenciación de los contenidos educativos*. Barcelona: Horsori.
- DEL CARMEN, L. (Ed.) (1997). La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria. Barcelona: Horsori. [8]
- DELÉAGE, J. P. e HÉMERY, D. (1998). Energía y crecimiento demográfico. Em *Le Monde Diplomatique*, edición española. *Pensamiento crítico versus pensamiento único*. Madrid: Editorial Debate. [7]
- DELORS, J. (Ed.) (1996). *La educación encierra un tesoro*. Madrid: Santillana Ed. [7]
- DEMOUNEM, R. e ASTOLFI, J. P. (1996). *Didactique des Sciences de la Vie et de la Terre*. Paris : Éditions Nathan. [8]
- DÉSAUTELS, J. e LAROCHELLE, M. (1998b). The epistemology of students: The "thingified" nature of scientific knowledge. Em Fraser, B. e Tobin, K. (Eds.). *International Handbook of Science Education*, London: Kluber. [2]
- DÉSAUTELS, J., LAROCHELLE, M., GAGNE, B. e RUEL, F. (1993). La Formation à l'Enseignement des Sciences: le Virage Épistémologique, *Didaskalia*, 1, 49-67. [2], [5]
- DEVELAY, M. (1992). *De l'apprentissage à l'enseignement. Pour une épistémologie scolaire*. 3ª Ed. Paris: ESF Éditeur. [8]

- DEWEY, J. (1916). *Democracia y Educación*. Edición española de 1997 en Madrid: Morata. [8]
- DOMÉNECH, J. L., GIL-PÉREZ, D., GRAS, A., GUIASOLA, J., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., SALINAS, J., TRUMPER, R. e VALDÉS, P. (2003). La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para un replanteamiento global. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 20 (4), 285-311. [6]
- DOMÉNECH, J. L., GIL-PÉREZ, D. MARTÍNEZ TORREGROSA, J. e VALDÉS, P. (2004). ¿Cómo profundizar en el estudio de los cambios que ocurren a nuestro alrededor?: introducción de los conceptos de energía y trabajo. Em Gil-Pérez, D., Martínez-Torregrosa, J., Sifredo C., Valdés, P. e Vilches, A. (Eds.), *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?* (UNESCO. No prelo). [6]
- DONATI, R. e GAMBOA, J. (1990). La utilidad de las analogías en la enseñanza de las ciencias en base a una posible clasificación. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (1), 89-91. [8]
- DOURADO, L. (1994). Os estagiários da Licenciatura em Ensino da Biologia e Geologia e a leccionação da Teoria da Tectónica Global. Um estudo de caso. Tese de Mestrado. Universidade do Minho. [8]
- DRIVER, R. (1973). The representations of conceptual frameworks in young adolescents science students. Tesis Doctoral, University of Illinois, Urbana, Illinois. [8]
- DRIVER, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 3-15. [8]
- DRIVER, R. e EASLEY, J. (1978). Pupils and Paradigms: A Review of Literature Related to Concept Development in Adolescent Science Students. *Studies in Science Education*, 10, 37-70. [5], [8]
- DRIVER, R. e OLDHAM, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122. [2], [5], [8]
- DRIVER, R. e WARRINGTON, L. (1985). Students use of the principle of energy conservation in problem situation. *Physics Education*, 20, 171-176. [6]
- DUARTE, M. C. (1987). Ideias alternativas aprendizagem de conceitos — um estudo sobre propriedades do ar em alunos do ensino preparatório. Tese de Mestrado. Universidade do Minho. [8]
- DUARTE, M. C. (1993). Mudança Conceptual e ensino das Ciências-Naturais: uma proposta de intervenção pedagógica no 2º ciclo do Ensino Básico. Tese de Doutorado. Universidade do Minho. [8]
- DUIT, R. (1986). In search of an energy concept. En: *Energy matters*. Leeds: University of Leeds. [6]
- DUIT, R. (1993). *Research on students' conceptions. Developments & trends*. Paper presented at the "Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics". Ithaca. USA: Cornell University. [8]
- DUIT, R. (1996). The Constructivist View in Science Education. What it Has to Offer and What Should not be Expected From It. *Investigações em ensino de ciências*, 1, 40-75. [5]
- DUIT, R. e TREAGUST, D. F. (1998). Learning in science. From behaviorism towards social constructivism and beyond. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber. [8]
- DUMAS-CARRÉ, A. e WEIL-BARAIS, A. (1998). *Tutelle et Médiation dans l'Éducation Scientifique*, Berne: Peter Lang. [5]

- DUSCHL, R. (1990). *Restructuring Science Education: The Role of Theories and Their Importance*, New York: Teacher College Press, Columbia University. [5], [8]
- DUSCHL, R. (1995). Más Allá del Conocimiento: Los Desafíos Epistemológicos y Sociales de la Enseñanza Mediante el Cambio Conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (1), 3-14. [5]
- DUSCHL, R. A. (1997). *Renovar la Enseñanza de las Ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea, S. A. de Ediciones. [3]
- DUSCHL, R. e GITOMER, D. (1991). Epistemological Perspectives on Conceptual Change: Implications for Educational Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (9), 839- 858. [5], [8]
- EDWARDS, M. (2000). La atención a la situación del mundo: una dimensión ignorada por la educación científica. Tesis de Tercer Ciclo. Universitat de València. [7]
- EDWARDS, M., GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., PRAIA, J., VALDÉS, P., VITAL, M. L., CAÑAL, P., DEL CARMEN, L., RUEDA, C. e TRICÁRICO, H. (2001). Una propuesta para la transformación de las percepciones docentes acerca de la situación del mundo. Primeros resultados. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 15, 37-67. [1], [7]
- EHRlich, P. R. e EHRlich, A. H. (1994). *La explosión demográfica. El principal problema ecológico*. Barcelona: Salvat. [7]
- ENCICLOPÉDIA EINAUDI (1992). *Método-Teoría*, v. 21. Imprensa Nacional, Lisboa: Casa da Moeda. [4]
- ENGEL, E. e DRIVER, R. (1986). A Study of Consistency in the Use of Students' Conceptual Framework Across Different Task Contexts. *Science Education*, 70(4), 473-496. [5]
- ERICKSON, F. (1998). Qualitative Research Methods for Science Education. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber. [8]
- ERNST, P. (1993). Constructivism, the psychology of learning, and the nature of mathematics: some critical issues. *Science & Education*, 2, 87-93. [8]
- ESCÁMEZ, J. (1998). La educación en valores y los derechos humanos de la tercera generación. En Cortina, A., Escámez, J., Llopis, J. A. y Ciurana, J. C. *Educar en la Justicia*. Valencia: Generalitat Valenciana. [7]
- ESTANY, A. (1990). *Modelos de cambio científico*. Barcelona: Editorial Crítica. [2]
- FARIA, M. (1987). O impacto do ensino individualizado nas ideias intuitivas das crianças. Um estudo sobre a Terra, o Sol e a Lua com crianças do 4º ano de escolaridade. Tese de Mestrado. Universidade do Minho. [8]
- FENSHAM, P. J. (2002b). Time to change Drivers for Scientific Literacy. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2 (1), 9-24. [1]
- FENSHAM, P. J. (2002a). De nouveaux guides pour l'alphabétisation scientifique. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2 (2), 133-149. [1]
- FERNANDES, M. M. R. (1999). A Utilização de Metáforas e Analogias nos Manuais Escolares: contributos para o estudo da Reprodução Humana. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro. [8]
- FERNÁNDEZ, I. (2000). Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: Una propuesta de transformación. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València. [2], [3]

- FERNÁNDEZ, I., GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, J. e PRAIA, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), 477-488. [2]
- FEYERABEND, P. (1975). *Against Method*. Londres: Verso. (Existe traducción al castellano en Madrid: Siglo XXI). [2]
- FIEN, J. (1995). Teaching for a Sustainable World: the Environmental and Development Education Project for Teacher Education. *Environmental Education Research*, 1 (1), 21-33. [7]
- FIGUEIREDO, T. (1999). Concepções alternativas de alunos do 11º ano sobre metamorfismo. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro. [8]
- FLAVIN, C. e DUNN, S. (1999). Reinención del sistema energético. Em Brown, L. R., Flavin, C. e French, H. (Eds.). *La situación del mundo 1999*. Barcelona: Icaria Ed. [7]
- FOLCH, R. (1998). *Ambiente, emoción y ética*. Barcelona: Ariel. [7]
- FONSECA, J. M. B. e CONBOY, J. (1994). Avaliação de um Programa de Formação de Professores. *Revista de Educação*, IV, nº 1-2, 91-99. [8]
- FONTES, A. (1992). Poder e Educação — um estudo sobre a evolução do ensino da Biologia na sua relação com factores sócio-políticos. Tese de Doutoramento. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real. [8]
- FOUREZ, G. (1997). *Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Colihue. [1], [8]
- FRASER, B. J. (1994). Research on classroom and school climate. Em Gabel, D. L. (Ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, New York: MacMillan Pub Co. [8]
- FRASER, B. J. e TOBIN, K. G. (Eds.) (1998). *International Handbook of Science Education*, London: Kluber Academic Publishers. [2], [5], [8]
- FREDETTE, N. e LOCHHEAD, J. (1981). Students Conceptions of Electric Current. *The Physics Teacher*, 18, 194-198. [5], [8]
- FREIRE, A. M. (1993). Um olhar sobre o ensino da Física e da Química nos últimos cinquenta anos. *Revista de Educação*, 3 (1), 37-48. [8]
- FREIRE, A. M. (1999). Aprender e ensinar nos estágios pedagógicos: um estudo sobre mudança de concepções de ensino e na prática instrucional de estagiários de Física e Química. Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. [8]
- FREITAS, J. C. (1998). O Programa Internet na Escola — Painel 1. Em *A sociedade de Informação na Escola*, 33-37. Lisboa: Conselho Nacional de Educação. [8]
- FREITAS, M. (1987). Concepções Alternativas de crianças acerca da vida, morte e decomposição dos seres vivos. Tese de Mestrado. Universidade do Minho. Braga. [8]
- FREITAS, M. (1999). *Formação Inicial e Contínua de Professores de Biologia e Geologia. O caso particular da Licenciatura em Ensino da Biologia e Geologia da Universidade do Minho*. Universidade do Minho. Braga. [8]
- FURIÓ, C. (1986). Metodología utilizada en la detección de dificultades y esquemas conceptuales en la enseñanza de la Química. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 73-77. [8]
- FURIÓ, C. e GIL-PÉREZ, D. (1978). *Programa-Guía: Una Propuesta Para la Renovación de la Didáctica de la Física y Química*. Ice de la Universidad de Valencia. [5]

- FURIÓ, C. e GIL-PÉREZ, D. (1989). La didáctica de las ciencias en la formación inicial del profesorado: una orientación y un programa teóricamente fundamentados. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (3), 257-265. [8]
- FURIÓ, C., CALATAYUD, M. L., BÁRCENA, S. e PADILLA D. H. (2000). Functional Fixedness and Functional Reduction as Common Sense Reasonings in Chemical Equilibrium and in Geometry and Polarity of Molecules. *Science Education*, 84, 545-565. [5]
- FURIÓ, C. e VILCHES, A. (1997). Las actitudes del alumnado hacia las ciencias y las relaciones ciencia, tecnología y sociedad. Em del Carmen, L. (Ed.). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori. [1]
- GABEL, D. L. (Ed.) (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: McMillan. [2], [5], [8]
- GAGLIARDI, R. (1988). Como utilizar la Historia de las Ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 291-296. [8]
- GAGLIARDI, R. e GIORDAN, A. (1986). La Historia de las Ciencias: una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (3), 253-258. [8]
- GARCIA, J. E. (1987). La interacción con el medio en relación con la *Investigación en la Escuela*. *Investigación en la Escuela*, 1, 58-62. [8]
- GARCÍA, J. E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla: Diada. [8]
- GARCÍA, J. E. (1999). Una hipótesis de progresión sobre los modelos de desarrollo en Educación Ambiental. *Investigación en la Escuela*, 37, 15-32. [7]
- GARCÍA-RODEJA, I. (1999). El sistema Tierra y el efecto invernadero. *Alambique*, nº 20, 75-84. [7]
- GARDNER, P. L. (1994). Representations of the relationship between Science and Technology in the curriculum. *Studies in Science Education*, 24, 1-28. [2]
- GASKELL, P. J. (1992). Authentic science and school science. *International Journal of Science Education*, v. 14, nº 3, 265-272. [2]
- GAYFORD, C. (1993). Editorial. Where are we now with environment and education?, *International Journal of Science Education*, 15 (5), 471-472. [7]
- GELI, A. M. (1986). L'evaluació de la Biologia en la segona etapa d'EGB. Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona. [8]
- GENÉ, A. (1986). Transformació dels treballs pràctics de Biologia: una proposta teòricament fonamentada. Tesis Doctoral. Barcelona: Biblioteca de la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona. [8]
- GIDDENS, A. (2000). *Un mundo desbocado. Los efectos de la globalización en nuestras vidas*. Madrid: Taurus. [7]
- GIERE, R. N. (1988). *Explaining Science. A cognitive approach*. Chicago: The University of Chicago Press. [2]
- GILBERT, J. K. (1992). The interface between science education and technology education. *International Journal of Science Education*, 14 (5), 563-578. [2], [8]
- GILBERT, J. K. (1995). Educación tecnológica: una nueva asignatura en todo el mundo. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (1), 15-24. [2]

- GIL-PÉREZ, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1 (1), 26-33. [8]
- 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. [2], [3], [4], [5]
- GIL-PÉREZ, D. (1993a). Psicología Educativa y Didáctica de las Ciencias: los procesos de enseñanza/aprendizaje de las ciencias como lugar de encuentro. *Infancia y Aprendizaje*, 62-63. [8]
- GIL-PÉREZ, D. (1993b). Contribución de la Historia y Filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197-212. [8]
- GIL-PÉREZ, D. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 154-164. [8]
- GIL-PÉREZ, D. (1996). New Trends in Science Education. *International Journal of Science Education*, 18 (8), 889-901. [5], [8]
- GIL-PÉREZ, D. (1998). El papel de la Educación ante las transformaciones científico-tecnológicas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 69-90. [7], [8]
- GIL-PÉREZ, D. e CARRASCOSA, J. (1985). Science Learning as a Conceptual and Methodological Change. *European Journal of Science Education*, 7 (3), 231-236. [5], [8]
- GIL-PÉREZ, D. e CARRASCOSA, J. (1994). Bringing Pupils' Learning Closer to a Scientific Construction of Knowledge: A Permanent Feature in Innovations in Science Teaching. *Science Education*, 78 (3), 301-315. [5]
- GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J., DUMAS-CARRÉ, A., FURIÓ, C., GALLEGO, N., GENÉ, A., GONZÁLEZ, E., GUIASOLA, J., MARTINEZ, J., PESSOA, A. SALINAS, J., TRICÁRICO, H. e VALDÉS, P. (1999). ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 503-512. [2], [8]
- GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J. FURIÓ, C. e MARTINEZ TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. ICE/Universidad de Barcelona. Barcelona: Horsori. [2], [6], [8]
- GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J. e MARTÍNEZ-TERRADES, F. (2000). La Didáctica de las Ciencias: Una Disciplina Emergente y un Campo Específico de Investigación. Em Perales, J. e Cañal, P. (Eds.). *Didáctica de Las Ciencias: Teoría y Práctica de la Enseñanza de las Ciencias*, Alcoy: Marfil. [5]
- GIL-PÉREZ D., FERNÁNDEZ, I., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, A. e PRAIAJ. (2001). Por uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7 (2), 125-153. [2], [3], [4]
- GIL-PÉREZ, D., FURIÓ, C. e GAVIDIA, V. (1998). El profesorado y la reforma educativa en España. *Investigación en la Escuela*, 36, 49-64. [8]
- GIL-PÉREZ, D., FURIÓ, C., VALDÉS, P., SALINAS, J., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., GUIASOLA, J., GONZÁLEZ, E., DUMAS-CARRÉ, A., GOFFARD, M. e PESSOA DE CARVALHO, A. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 311-320. [8]

- GIL-PÉREZ, D., GAVIDIA, V. e FURIÓ, C. (1997). Problemáticas a las que la comunidad científica y la sociedad en general habrían de prestar una atención prioritaria. II Congreso Internacional de Universidades por el Desarrollo Sostenible y el Medio Ambiente. Granada, Diciembre de 1997. [7]
- GIL-PÉREZ, D., GUIASOLA, J., MORENO, A., CACHAPUZ, A., PESSOA, A., MARTÍNEZ, J., SALINAS, J., VALDÉS, P., GONZÁLEZ, E., GENÉ, A., DUMAS, A., TRICÁRICO, H. e GALLEGO, R. (2002). Defending constructivism in science education. *Science & Education*, 11, 557-571. [5]
- GIL-PÉREZ, D. e MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1987a). Los programas-guia de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 3, 3-12. [8]
- GIL-PÉREZ, D. e MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1987b). *La resolución de problemas de Física*. Madrid: Ediciones del MEC. [8]
- GIL-PÉREZ, D. e PESSOA, A. (1994). *Formación del profesorado de las ciencias*. Madrid: Editorial Popular. [8]
- GIL-PÉREZ, D. e VALDÉS, P. (1995). Un ejemplo de práctica de laboratorio como actividad investigadora. *Alambique*, 6, 93-102. [8]
- GIL-PÉREZ, D. e VILCHES, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43, 27-37. [1]
- GIL-PÉREZ, D. e VILCHES, A. (2004). ¿Alfabetización científica del conjunto de la ciudadanía? Un debate crucial. *Cultura y Educación* (no prelo). [1]
- GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., ASTABURUAGA, R. e EDWARDS, M. (2000). La atención a la situación del mundo en la educación de los futuros ciudadanos y ciudadanas. *Investigación en la Escuela*, 40, 39-56. [7]
- GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., EDWARDS, M., PRAIA, J., MARQUES, L. e OLIVEIRA, T. (2003). A proposal to enrich teachers' perception of the state of the world. First results. *Environmental Education Research*, 9 (1), 67-90. [1], [7]
- GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., EDWARDS, M., PRAIA, J., VALDÉS, P., VITAL, M. L., TRICÁRICO, H. e RUEDA, C. (2003). A Educação Científica e a Situação do Mundo: um programa de actividades dirigido a professores. *Ciência & Educação*, 9 (1), 123-146. [7]
- GIORDAN, A. (1978). Observation — Expérimentation: mais comment les élèves apprennent-ils? *Revue Française de Pédagogie*, 44, 66-73. (Traducción española en *Infancia y Aprendizaje*, 1978, número 13). [2], [5], [8]
- GIORDAN, A. (1985). *La Enseñanza de las Ciencias*. 2ª Ed., Madrid: Siglo Veintiuno Editores. [3], [8]
- GIORDAN, A. (1989). De las Concepciones de los Alumnos a un Modelo de Aprendizaje Alostérico. *Investigación en la Escuela*, 8, 3-14. [5], [8]
- GIORDAN, A. (1996). ¿Cómo ir más allá de los modelos constructivistas? La utilización didáctica de las concepciones de los estudiantes. *Investigación en la Escuela*, 28, 7-22. [5], [8]
- GIORDAN, A. (1997). ¿Las ciencias y las técnicas en la cultura de los años 2000? *Kikiriki*, n. 33-34, 44-45. [1], [8]

- GLYNN, S. et al. (1989). Analogical Reasoning and Problem Solving in Science Textbooks. Em Glover, J. (Ed.). *Handbook of Creativity*, New York: Plenum. [8]
- GONÇALVES, R. (1991). *Ciência. Pós-Ciência. Meta-Ciência. Tradição, Inovação e Renovação*. Lisboa: Discordia Editores. [3]
- GONZÁLEZ, E. (1994). Las prácticas de laboratorio en la formación del profesorado de Física. Tesis Doctoral. Universitat de València. [8]
- GONZÁLEZ, E. e DE ALBA, A. (1994). Hacia unas bases teóricas de la Educación ambiental. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (1), 66-71. [7]
- GORE, A. (1992). *La Tierra en juego. Ecología y conciencia humana*. Barcelona: Emecé. [7]
- GRAU, R. (1993). Revisión de concepciones en el área de la evolución. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (1), 87-89. [8]
- GRUENDER, C. D. e TOBIN, K. (1991). Promise and Prospect. *Science Education*, 75 (1), 1-8. [5], [8]
- GUILBERT, L. e MELOCHE, D. (1993). L'idée de science chez des enseignants en formation: un lieu entre l'histoire des sciences et l'hétérogénéité des visions. *Didaskalia*, 2, 7-30. [2], [5]
- GUISASOLA, J. e DE LA IGLESIA, R. (1997). Erein Projektua: Proyecto de ciencias para la ESO basado en el planteamiento de situaciones problemáticas. *Alambique*, 13, 83-93. [5]
- GUTIÉRREZ, R. (1994). Coherencia del pensamiento espontáneo y causalidad. El caso de la Dinámica elemental. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. [8]
- GUTIÉRREZ, R. et al. (1990). *La Enseñanza de las Ciencias en la educación intermedia*. Madrid: Narcea. [8]
- HACKING, I. (1983). *Representing and Intervening*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. Traducción de S. García (1996): *Representar e intervenir*. Seminario de Problemas Científicos y Filosóficos, UNAM; Instituto de Investigaciones Filosóficas, México D. F.: UNAM/Paidós. [2]
- HACKING, I. (1992). Refazer o mundo. Em *A Ciência como Cultura*, 103-118. Lisboa: Imprensa Nacional Casa da Moeda. [4]
- HANSON, N. R. (1958). *Patterns of Discovery. An inquiry into the conceptual foundations of science*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. Traducción de E. García Camarero (1977): *Patrones de descubrimiento. Investigación de las bases conceptuales de la ciencia*. [2]
- HARDY, M. D. e TAYLOR, P. C. (1997). Von Glasersfeld's Radical Constructivism: A Critical Review. *Science & Education*, 6, 135-150. [5]
- HARLEN, W. (1989). *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Ediciones Morata. [8]
- HASHWEH, M. Z. (1986). Towards an Explanation of Conceptual Change, *European Journal of Science Education*, 8 (3), 229-249. [5], [8]
- HAVEL, V. (1997). No somos los amos del universo. *El País*, lunes 29 de septiembre de 1997, página 13. [7]
- HEMPEL, C. G. (1976). *Filosofía de la ciencia natural*. Madrid: Alianza. [2]
- HEWSON, P. W., BEETH, M. E. e THORLEY, R. N. (1998). Teaching the conceptual change. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers. [8]

- HEWSON, P. W., KERBY, H. W. e COOK, P. A. (1995). Determining the conceptions of teaching science held by experienced high school science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 32, (5), 503-520. [2]
- HEWSON, P. W. e THORLEY, N. R. (1989). The Conditions of Conceptual Change. *International Journal of Science Education*, 11, 541-553. [5]
- HICKS, D. e HOLDEN, C. (1995). Exploring The Future A Missing Dimension in Environmental Education. *Environmental Education Research*, 1 (2), 185-193. [1], [7]
- HILL, A. (1998). Problem Solving in Real-Life contexts: An Alternative for Design in Technology Education. *International Journal of Technology and Design Education*, 8, 203-220. [2]
- HODSON, D. (1985). Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, 12, 25-57. [2] [8]
- HODSON, D. (1986). The nature of scientific observation. *School Science Review*, 63 (223), 360-365. [3]
- HODSON, D. (1988). Filosofía de la Ciencia y educación científica. Em Porlán, R., García, J. E. e Cañal, P. (Compilads.). *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*, 7-22. Sevilla: Diada Editoras. [3], [4]
- HODSON, D. (1990). A critical look at practical work in school Science. *School Science Review*, 70 (256), 33-40. [4]
- HODSON, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14 (5), 541-566. [1], [2], [5], [8]
- HODSON, D. (1992). Redefining and reorienting practical work in School Science. *School Science Review*, 73 (264), 65-78. [4]
- HODSON, D. (1993). Philosophic Stance of Secondary School Science Teachers, Curriculum Experiences, and Children's Understanding of Science: Some Preliminary Findings. *Interchange*, 24 (1-2), 41-52. [2], [5]
- HODSON, D. (1993). Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in School Science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142. [4]
- HODSON, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 299-313. [4]
- HODSON, D. (1994). Seeking Directions for Change. The Personalization and Politisation of Science Education. *Curriculum Studies*, 2 (1), 71-98. [2]
- HOWE, A. C. (1996). Development of Science Concepts within a Vygotskian Framework. *Science Education*, 80 (1), 35-51. [5]
- 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 Ciencias)*, 8, 7-21. [3]
- IZQUIERDO, M. (2000). Fundamentos Epistemológicos. Em Perales, J. e Cañal, P. (Eds.). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 35-64. Alcoy: Editorial Marfil. [3]
- IZQUIERDO, M., SANMARTÍ, N. e ESPINET, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 45-59. [2]

- JACOB, F. (1982). *O jogo dos possíveis. Ensaio sobre a diversidade do mundo vivo*. Lisboa: Gradiva. [3]
- JÁUREGUI, R., EGEA, F. e DE LA PUERTA, J. (1998). *El tiempo que vivimos y el reparto del trabajo*. Barcelona: Paidós. [7]
- JENKINS, E. W. (2000). Constructivism in School Science Education: Powerful Model or the Most Dangerous Intellectual Tendency? *Science & Education*, 9, 599-610. [5]
- JENKINS, E. W. (2001). Science Education as a Field of Research. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 1 (1), 9-21. [5]
- JIMÉNEZ, M. P. (1987). Preconceptos y esquemas conceptuales en Biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (2), 165-167. [8]
- JIMÉNEZ, M. P. (1988). Enseñanza de las Ciencias. *Cuadernos de Pedagogía*, 155, 8-10. [8]
- JIMÉNEZ, M. P. (1990). Los esquemas conceptuales sobre la selección natural: análisis y propuestas para un cambio conceptual. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. [8]
- JIMÉNEZ, M. P. (1995). La educación ambiental en los 90 (Presentación de un número monográfico). *Alambique*, nº 6, 7-8. [8]
- JIMENEZ ALEIXANDRE, M. P. (1995). La formación del profesorado de ciencias y matemáticas en España y Portugal. Publicación del departamento de Didáctica de las Ciencias. Universidad de Extremadura. [2]
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (1996). *Dubidar para aprender*. Vigo: Ediciones Xerais de Galicia. [8]
- JIMÉNEZ, M. P. e GARCÍA RODEJA, I. (1997). Hipótesis, citas, resultados: reflexiones sobre la comunicación científica en didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (1), 11-19. [8]
- JIMÉNEZ, M. P. e OTERO, L. (1990). La ciencia como construcción social. *Cuadernos de Pedagogía*, 180, 20-22. [8]
- JOHSTONE, A. e WHAM, A. (1982). The demands of practical work. *Education in Chemistry*, 19 (3), 71-73.
- JORBA, J. e SANMARTÍ, N. (1995). Autoregulación de los procesos de aprendizaje y construcción de conocimientos. *Alambique*, 4, 59-77. [8]
- JORGE, M. M. (1987). Eficácia do Modelo Integrado na Formação de Professores de Ciências da Natureza. Tese de Mestrado. Universidade do Minho. [8]
- JOSUHA, S. e DUPIN, J. J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : PUF. [8]
- JOUNG, W. (1993). Uses of Cognitive Science to Science Education. *Science & Education*, 2(1), 31-36. [5]
- KAHLE, J. B. e MEECE, J. (1994). Research on gender issues in the classroom. Em Gabel, D. L. (Ed.) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. N. Y.: MacMillan Pub Co. [8]
- KAPER, W. H. e GOEDHART, M. J. (2002). 'Forms of energy', an intermediary language on the road to thermodynamics? Part I. *International Journal of Science Education*, 24 (1), 81-95. [6]

- KEEVES, J. P. (1998). Methods and processes in Research in science education. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber. [8]
- KELLY, G. (1955). *The Psychology of Personal Constructs*. New York: Norton. [5]
- KEMPA, R. F. (1986). *Assessment in Science*. Cambridge: Cambridge University Press. [8]
- KEMPA, R. F. (1991). Students' learning difficulties in science. Causes and possible remedies. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (2). [8]
- KING, B. B. (1991). Beginning Teachers Knowledge of and Attitude Towards History and Philosophy of Science. *Science Education*, 75 (1), 135-141. [2]
- KLOPFER, L. E. (1983). Research and The Crisis in Science Education, *Science Education*, 67 (3), 283-84. [5], [8]
- KUHN, TH. S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de cultura económica. [2], [3]
- LAKATOS, I. (1982). *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*. Madrid: Tecnos. [2]
- LAKATOS, I. (1989). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Editorial. [2], [3]
- LAKIN, S. e WELLINGTON, J. (1994). Who will teach the "nature of science"? Teachers view of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education*, 16, (2), 175-190. [2]
- LANGÉVIN, P. (1926). La valeur éducative de l'histoire des sciences. *Bulletin de la Société Française de Pédagogie*, 22, décembre 1926. [1], [2], [8]
- LAUDAN, L. (1984). *Science and values: the aims of science and their role in the scientific debate*. Berkeley: University of California Press. [2], [3]
- LAWSON, A. F. (1994). Research on the acquisition of Science Knowledge: epistemological foundations of cognition. Em Gabel, D. L. (Ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, New York: MacMillan Pub Co. [8]
- LAZAROWITZ, R. e TAMIR, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science. Em Gabel, D. L. (Ed.) (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, New York: MacMillan Pub Co. [8]
- LEITE, L. (1993). *Concepções Alternativas em Mecânica: um contributo para a compreensão do seu conteúdo e persistência*. Tese de Doutoramento. Universidade do Minho. [8]
- LEMKE, J. L. (1998). Analysing verbal data: principles, methods and problems. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber. [8]
- LEWIN, R. (1997). *La sexta extinción*. Barcelona: Tusquets. [7]
- LILLO, J. (1994). Los trabajos prácticos de Ciencias Naturales como actividad reflexiva, crítica y creativa. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 2, 47-56. [8]
- LINN, M. C. (1987). Establishing a research base for science education: challenges, trends and recommendations. *Journal of Research in Science Teaching*, 24 (3), 191-216. [2], [8]
- LLORENS, J. A. (1987). Propuesta y aplicación de una metodología para el análisis de la adquisición de conceptos en la introducción a la teoría atómico-molecular:

- percepción de los hechos experimentales, sus representaciones y el uso del lenguaje en alumnos de formación profesional y bachillerato. Tesis Doctoral. Universitat de Valencia. Departamento: Química-Física. [8]
- LOPES, J. B. (1993). Formação de Professores com base num modelo de Ensino-Aprendizagem de Física centrado na resolução de problemas. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro. [8]
- LOPES, J. B. (1999). *Avaliação Multidimensional de Campos Conceptuais de Mecânica. Papel da Modelização na Aprendizagem*. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real. [8]
- LOPES, J. M. (1994). Supervisão do Trabalho Experimental no 3º Ciclo do Ensino Básico: um modelo inovador. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro. [8]
- LÓPEZ CUBINO, R. (2001). *El área de Tecnología en Secundaria*. Madrid: Narcea. [2]
- LOUREIRO, M. J. (1987). Études des pré-representations en électricité des élèves de l'enseignement secondaire. Mémoire de post-graduation. Universidade de Mons. França. [8]
- LOWE, R. (1996). Les nouvelles technologies, voie royale pour améliorer l'apprentissage des sciences par l'image? *ASTER*, 22, 173-194. [8]
- LUFFIEGO, M. e RABADÁN, J. M. (2000). La evolución del concepto de sostenibilidad y su introducción en la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), 473-486. [7]
- LUNETTA, V. N. (1998). The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teaching. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education* London: Kluber. [8]
- LUQUE, A. (1999). Educar globalmente para cambiar el futuro. Algunas propuestas para el centro y el aula, *Investigación en la Escuela*, 37, 33-45. [7]
- MAALUF, A. (1999). *Identidades asesinas*. Madrid: Alianza. [7]
- MAIZTEGUI, A., ACEVEDO, J. A., CAAMAÑO, A., CACHAPUZ, A., CAÑAL, P., CARVALHO, A. M. P., DEL CARMEN, L., DUMAS CARRÉ, A., GARRITZ, A., GIL-PÉREZ, D., GONZÁLEZ, E., GRAS-MARTÍ, A., GUIASOLA, J., LÓPEZ-CEREZO J. A., MACEDO, B., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., MORENO, A., PRAIA, J., RUEDA, C., TRICÁRICO, H., VALDÉS, P. e VILCHES, A. (2002). Papel de la tecnología en la educación científica: una dimensión olvidada. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 129-155. [2]
- MALLINCKRODT, A. J. e LEFF, H. S. (1993). Stopping objects with zero external work: Mechanics meets thermodynamics. *American Journal of Physics*, 61 (2), 121-127. [6]
- MALONEY, D. P. (1994). Research on problem solving: Physics. Em Gabel, D. L. (Ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. N. Y.: MacMillan Pub Co. [8]
- MANRIQUE, M. J., VARELA, P. e FAVIERES, A. (1989). Selección bibliográfica sobre esquemas alternativos de los estudiantes en electricidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (3), 292-295. [8]
- MANZINI, E. (2000). La transición a la sostenibilidad como un proceso de aprendizaje colectivo. Em Manzini, E. e Bigues, J. *Ecología y democracia*. Barcelona: Icaria. [7]
- MARCHESI, A. (2000). Un sistema de indicadores de desigualdad educativa. *Revista Iberoamericana de Educación*, 23, 135-163. [1]

- MARCO, B. (2000). La alfabetización científica. Em Perales, F. y Cañal, P. (Eds.). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 141-164. Alcoy: Marfil. [1]
- MARÍN, N. (1994). Evolución de los esquemas explicativos en situaciones de equilibrio mecánico. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. [8]
- MARÍN, N. (1999). Delimitando el campo de aplicación del cambio conceptual, *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 80-92. [8]
- MARQUES, L. (1988). Alternative frameworks of urban portuguese people aged 10-11 and 14-15 with respect to earth, life and volcanoes. Tese de Mestrado. Universidade de Keele. U.K. [8]
- MARQUES, L. (1994). From misconceptions to modified teaching-learning strategies in Earth Sciences in portuguese secondary education. Tese de Doutoramento. Universidade de Keele. U. K. [8].
- MARTÍN DEL POZO, R. (1994). El conocimiento del cambio químico en la formación inicial del profesorado. Estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de los estudiantes de Magisterio. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla. [8]
- MARTÍNEZ, M. (1997). Consideraciones teóricas sobre educación en valores. Em Filmus, D. (Compilador). *Las transformaciones educativas en Iberoamérica. Tres desafíos: Democracia, desarrollo e integración*. Buenos Aires: Troquel. [7]
- MARTÍNEZ TERRADES, S. F. (1998). La didáctica de las ciencias como campo específico de conocimientos. Génesis, estado actual y perspectivas. Tesis Doctoral. Universitat de València. [8]
- MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1987). La resolución de problemas de Física como investigación: un instrumento de cambio metodológico. Tesis doctoral. Facultad de Físicas. Universidad de Valencia. [8]
- MARTINS, I. (1989). A energia nas reacções químicas: modelos interpretativos usados por alunos do Ensino Secundário. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro. [8]
- MARTINS, I. e CACHAPUZ, A. (1990). How do pupils perceive the concept of energy in chemical situations? *School Science Review*, 71 (257), 83-88. [8]
- MARTINS, I. e VEIGA, M. L. (1999). *Uma análise do currículo da escolaridade básica na perspectiva da Educação em Ciências*. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional. [8]
- MASKILL, R., CACHAPUZ, A. e KOULALDIS, V. (1997). Young pupils' ideas about the microscopic nature of matter in three different European countries. *International Journal of Science Education*, 19 (6), 631-645. [8]
- MASKILL, R. e WALLIS, K. G. (1982). Scientific thinking in the classroom. *School Science Review*, 63 (224), 551-554. [4]
- MATTHEWS, M. R. (1990). History, Philosophy and Science Teaching. What can be done in an undergraduate course? *Studies in Philosophy and Education*, 10 (1), 93-97. [3], [5]
- MATTHEWS, M. R. (1991). Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las Ciencias. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 11-12, 141-155. [1], [2]
- MATTHEWS, M. R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 255-277. [2]
- MATTHEWS, M. R. (1994). *Science Teaching. The role of History and Philosophy of Science*. London: Routledge. [3]

- MATTHEWS, M. R. (1994a). Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 255-277. [8]
- MATTHEWS, M. R. (1994b). Vino viejo en botellas nuevas: un problema con la epistemología constructivista. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (1), 79-88. [8]
- MATTHEWS, M. R. (2000). Editorial' of the Monographic Issue on Constructivism, Epistemology and the Learning of Science. *Science & Education*, 9, 491-505. [5]
- MAXWELL, J. C. (1877). *Matter and motion*. Reedición de 1991. New York: Dover. [6]
- MAYER, M. (1998). Educación ambiental: de la acción a la investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 217-231. [7]
- MAYER, V. (1995). Using the Earth System for Integrating the Science Curriculum. *Science Education*, 79 (4), 375-391. [7]
- MAYOR ZARAGOZA, F. (1997). Entrevista realizada por Enric González. *El País*, domingo 22 de junio de 1997, página 30. [7]
- MAYOR ZARAGOZA, F. (2000). *Un mundo Nuevo*. Barcelona: Círculo de lectores. [7]
- McCLELAND, J. A. G. (1984). Alternative frameworks: Interpretation of evidence. *European journal of Science Education*, nº 6, 1-6. [8]
- McCOMAS, W. F. (Ed.) (1998). *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*, Dordrecht/Boston London: Kluber Academic Publishers. [2], [5]
- McDERMOTT, L. C. (1990). A perspective on teacher preparation in physics — other sciences: the need for special science courses for teachers. *American Journal of Physics*, v. 58, nº 8, 734-742. [8]
- McDERMOTT, L. C. (1993). Cómo enseñamos y cómo aprenden los estudiantes. ¿Un desajuste? (Primera parte). *Revista de Enseñanza de la Física*, 6 (1), 19-32. [6]
- McDERMOTT, L. C., SHAFFER, P. S., ROSENQUIST, M. L. e THE PHYSICS EDUCATION GROUP (1996). *Physics by Inquiry*, New York: Wiley & Sons, Inc. [5]
- McFARLANE, A. E. e FRIEDLER, Y. (1998). Where you want it, when you want it: the role of portable computers in science education. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber. [8]
- McGINN, A. P. (1998). La promoción de una pesca sostenible. Em Brown, L. R., Flavin, C., e French, H. (Eds.). *La situación del mundo 1998*. Barcelona: Icaria Ed. [7]
- MEADOWS, D. H. et al. (1972). *Los límites del crecimiento*. México: Fondo de Cultura Económica. [7]
- MEDWAY, P. (1989). Issues in the theory and practice of technology education. *Studies in Science Education*, 16, 1-24. [2]
- MEICHTRY, Y. (1993). The Impact of Science Curricula on Students Views about the Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (5), 429-443. [5]
- MEICHTRY, Y. (2000). The Nature of Science and Scientific Knowledge: implications for a preservice elementary methods course. *Science & Education*, 8, 273-286. [3]
- MELLADO, V. (1997). Preservice teachers' classroom practice and their conceptions of the nature of science. *Science Education*, 6, 331-354. [3]
- MIGUÉNS, M. e GARRETT, R. M. (1991). Prácticas en la enseñanza de las Ciencias. Problemas y Posibilidades. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 9, nº 3, 229-236. [8]

- MIGUÉNS, M., SERRA, P., SIMÕES, H. e ROLDÃO, M. C. (1996). *Dimensões formativas de disciplinas do ensino básico. Ciências da Natureza*. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional. [8]
- MILLAR, R. e DRIVER, R. (1987). Beyond processes. *Studies in Science Education*, nº 14, 33-62. [8]
- MILLOT, M. C. (1996). Place des nouvelles technologies dans l'enseignement de la physique-chimie. *Didaskalia*, 8, 97-109. [8]
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA (MEC) (1989). *Diseño Curricular Base. Educación Secundaria Obligatoria*. Madrid: Ed. MEC. [8]
- MITCHAM, C. (1989). *¿Qué es la filosofía de la tecnología?* Barcelona: Anthropos-Servicio Editorial del País Vasco. [2]
- MOJE, E. B. (1995). Talking about Science: An Interpretation of the Effects of Teacher Talk in a High School Science Classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 32, nº 4, 349-371. [8]
- MONTANERO, M. (1994). *Aportaciones de nuevos elementos al modelo constructivista de enseñanza/aprendizaje aplicada a la enseñanza de la Física*. Badajoz: Universidad de Extremadura. [8]
- MORAIS (ex-DOMINGOS), A. M. (1984). Social class, pedagogic practice and achievement in science: a study of secondary schools in Portugal. Tese de Doutoramento. Londres: Universidade de Londres. [8]
- MORAIS (ex-DOMINGOS), A. M., BARRADAS, H., RAINHA, H. e NEVES, I. P. (1986). *A Teoria de Bernstein em Sociologia da Educação*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. [8]
- MORAIS, A. M., PONTE, J. e VALENTE, O. (1993). Formar Professores para o Ensino de Ciências e Matemática. *Revista de Educação*, v. III, nº 1, 125-130. [8]
- MORAIS, A. M. et al. (1992). *Socialização primária e prática pedagógica*, v. 1. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. [8]
- MORAIS, A. M. et al. (1993). *Socialização primária e prática pedagógica*, v. 2. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. [8]
- MORENO, A. (1988). *Aproximación a la física. Una historia de visionarios, rebeldes y creadores*. Madrid: Mondadori. [2]
- MOSTERÍN, J. (1990). Prólogo al libro de Estany A. *Modelos de cambio científico*. Barcelona: Editorial Crítica. [2]
- MUMBY, H. e RUSELL, T. (1998). Epistemology and context in research on learning to teach science. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers, 643-665. [8]
- MYERS, N. (1987). *El atlas Gaia de la gestión del planeta*. Madrid: Hermann Blume. [7]
- NACIONES UNIDAS (1992). Un Conference on Environmental and Development, Agenda 21 Rio Declaration, *Forest Principles*. Paris: UNESCO. [7]
- NAREDO, J. M. (1997). Sobre el rumbo del Mundo, *Le Monde diplomatique*, edición española, año II, n. 20, 1 e 30-31. [7]
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996). *National Science Education Standards*. Washington D. C.: National Academy Press. [1], [5], [8]

- NERSESSIAN, N. J. (1995). Should Physicist Preach What They Practice? *Science & Education*, 4, 203-226. [5]
- NETO, A. J. (1995). Contributos para uma Nova Didáctica da Resolução de Problemas: um estudo de orientação metacognitiva em aulas de Física do Ensino Secundário. Tese de Doutoramento. Évora: Universidade de Évora. [8]
- NEVES, I. P. (1991). Práticas pedagógicas diferenciais na família e suas implicações no (in)sucesso em ciências. Fontes de continuidade e de descontinuidade entre os códigos da família e da escola. Tese de Doutoramento. Lisboa: Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. [8]
- NICHOLS, S. E., GILMER, P. J., THOMPSON, A. D. e DAVIS, N. (1998). Women in Science: expanding the vision. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers, 967-979. [8]
- NIINILUOTO, I. (1997). Ciencia frente a Tecnología: ¿Diferencia o identidad? *Arbor*, 620, 285-299. [2]
- NOLA, R. (1997). Constructivism in Science and Science Education: A Philosophical Critique. *Science & Education*, 6, 55-83. [5]
- NOVAK, J. D. (1982). *Teoría y Práctica de la Educación*. Madrid: Alianza Universidad. [8]
- NOVAK, J. D. (1988). Constructivismo Humano: Un Consenso Emergente. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 213-223. [5], [8]
- NOVAK, J. D. (1989). Helping Students to Learn. A view from Teacher-Research. Em *Actas do III Congreso Internacional sobre La Didáctica de las Ciencias e Matemáticas*. Compostela: Santiago de Compostela. [8]
- NÚÑEZ, F. (1994). Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias. Aplicación al estudio de la nutrición humana en la Educación Secundaria Obligatoria. Tesis Doctoral. Murcia: Universidad de Murcia. [8]
- NUSSBAUM, J. (1989). Classroom conceptual change: philosophical perspectives. *International Journal in Science Education*, v. 11, Special Issue, 530-540. [2]
- O'MEARA, M. (1999). Una nueva visión para las ciudades. Em Brown, L. R., Flavin, C. e French, H. (Eds.). *La situación del mundo 1999*. Barcelona: Icaria Ed. [7]
- OGBORN, J. (1986). Energy and fuel-the meaning of 'the go of things'. Em *Energy matters*. Leeds: University of Leeds. [6]
- OLIVA, J. M. (1994). Influencia de las variables cognitivas en la construcción de conocimientos de mecánica. Un estudio empírico y un análisis computacional. Tesis Doctoral. Madrid: Universidad Nacional a Distancia. [8]
- OLIVA, J. M. (1999). Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 93-107. [8]
- OLIVEIRA, T. (Coord.) (1991). *Didáctica da Biologia*. Lisboa: Universidade Aberta. [8]
- OLIVEIRA, V. (1993). Natureza da Ciência e formação inicial dos professores de Física e Química. *Revista de Educação*, 3 (1), 67-76. [3]
- OLIVEIRA, M. (1993). A Criatividade, o Pensamento Crítico e o Aproveitamento Escolar em Alunos de Ciências. (Física e/ou Química, 11º, 12º e Superior). Tese de Doutoramento. Lisboa: Faculdade de Ciências de Lisboa. [8]

- OLIVEIRA, T. (1997). A metáfora, a analogia e a construção do conhecimento científico no ensino e na aprendizagem. Uma Abordagem Didáctica. Tese de Doutoramento. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa. [8]
- OÑORBE, A. (1993). Análisis de dificultades en la enseñanza-aprendizaje de la resolución de problemas de Física y Química. Tesis Doctoral. Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá de Henares. [8]
- OÑORBE, A. (1995). La resolución de problemas. *Alambique*, nº 5, 4-5. [8]
- OÑORBE, A. et al. (1993). Resolución de problemas de Física y Química ESO. *Una propuesta metodológica de enseñanza-aprendizaje*. Madrid. Akal. [8]
- ORION, N. (1993). A model for the development and implementation of field trips as na integral part of the science curriculum. *School Science and Mathematics*, v. 93, nº 6, 325-331. [8]
- ORR, D. W. (1995). Education for the Environment. Higher Education's Challenge of the Next Century. *Change*, May/June, 43-46. [7]
- OSBORNE, J. F. (1996). Beyond constructivism. *Science Education*, 80 (1), 53-82. [5], [8]
- OSBORNE, R. e WITTRÖCK, M. (1983). Learning Science: A Generative Process. *Science Education*, 67, 490-508. [5], [8]
- OSBORNE, R. e WITTRÖCK, M. (1985). The Generative Learning Model and its Implications for Science Education. *Studies in Science Education*, 12, 59-87. [5]
- PAIXÃO, M. F. (1998). Da Construção do Conhecimento Didáctico na Formação de Professores de Ciências. Conservação da Massa nas Reacções Químicas: Estudo de Índole Epistemológica. Tese de Doutoramento. Aveiro: Universidade de Aveiro. [8]
- PAIXÃO, M. F. e CACHAPUZ, A. (1999). La enseñanza de las ciencias y la formación de profesores de enseñanza primaria para la reforma curricular: de la teoría a la práctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 69-77. [8]
- PAIXÃO, M. F. e CACHAPUZ, A. (2000). Mass Conservative in Chemical Reactions: the development of innovative teaching strategy based on the History and Philosophy of Science. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1, (2), 201-215. [3]
- PAIXÃO, M. F. e CACHAPUZ, A. (2001). Formación epistemológica y cambio de imágenes de ciencia impartidas en el aula. *Revista de Educación en Ciencias/Journal of Science Education*, 2 (1), 33-38. [3]
- PAYÁ, J. (1991). Los trabajos prácticos en Física y Química: un análisis crítico y una propuesta fundamentada. Tesis Doctoral. València: Universitat de València. [8]
- PEDRINACI, E. (1996). Sobre la persistencia no de las ideas del alumnado en Geología. *Alambique*, nº 7, 27-36. [8]
- PEDROSA, H. (1991). An investigation of pupil's questions in science teaching. Tese de Doutoramento Norwich-U. K.: University of East Anglia. [8]
- PENICK, J. E. e YAGER, R. E. (1986). Trends in science education: some observations of exemplary programs in the United States. *European Journal of Science Education*, v. 8, nº 1, 1-9. [8]
- PERALES, F. J. (1993). El constructivismo en la didáctica de las ciencias. "Luces y sombras". XIV Encuentros en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Cáceres. [8]
- PERALES, F. J. e CAÑAL, P. (2000). *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Alcoy: Marfil. [2]

- PERALES, F. J. e NIEVA, F. (1988). Nociones de los alumnos sobre conceptos de óptica geométrica. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (1), 86-89. [8]
- PEREIRA, D. C. (1979). Structure of communication and the learning of chemistry. Tese de Doutorado. Norwich-U. K.: University of East Anglia. [8]
- PEREIRA, M. (Coord.) (1992). *Didáctica das Ciências da Natureza*. Lisboa: Universidade Aberta. [8]
- PÉREZ DE EULATE, L. (1992). Utilización de los conceptos previos de los alumnos en la enseñanza/aprendizaje de conocimientos en Biología. La nutrición humana: una propuesta de cambio conceptual. Tesis Doctoral. Bilbao: Universidad País Vasco. [8]
- PÉREZ GÓMEZ, A. I. (1978). *Las fronteras de la educación. Epistemología y ciencias de la educación*. Madrid: Zero. [8]
- PESSOA DE CARVALHO, A. e GIL-PÉREZ, D. (1998). Physics Teacher Training: Analysis and Proposals. Em Tiberghien, A., Jossem, E. e Barojas, J. (1998). *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*, I. C. P. E Book, International Commission on Physics Education. [5]
- PFUNDT, H. e DUIT, R. (1998). *Bibliography: Students' Alternative Frameworks and Science Education*. Institute for Science Education, Kiel. [5]
- PIAGET, J. (1969). *Psicología y Pedagogía*. Barcelona: Ariel. [8]
- PIAGET, J. (1970). *La epistemología genética*. Barcelona: Redondo. [2]
- PIAGET, J. (1971). *Psicología y Epistemología*, Barcelona: Ariel. [5]
- PINTÓ, R. (1991). Algunos aspectos implícitos en la primera y segunda ley de la termodinámica: una aportación al estudio de las dificultades de su aprendizaje. Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona. [6], [8]
- PINTÓ, R., ALIBERAS, J. e GÓMEZ, R. (1996). Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 221-232. [8]
- POMEROY, D. (1993). Implications of teachers' beliefs about the nature of science: Comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. *Science Education*, 77 (3), 261-278. [2]
- POPE, M. L. e GILBERT, J. (1983). Personal Experience and the Construction of Knowledge in Science. *Science Education*, 67, 193-203. [5], [8]
- POPPER, K. R. (1962). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos. [2]
- POPPER, K. R. (1975). *Conhecimento objetivo. Uma abordagem evolucionária*. São Paulo: Editora Itatiaia. (Tradução de Milton Amado). [3]
- POPPER, K. R. (1983). *Conjeturas y Refutaciones: el desarrollo del conocimiento científico*. Barcelona: Paidós. [3]
- POPPER, K. R. (1986). *Autobiografía intelectual*. 2. Ed. São Paulo: Editora Cultrix. (Tradução de Leonidas Hegenberg e de Octanny Silveira da Mota). [3]
- PORLÁN, R. (1989). Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional: las concepciones epistemológicas de los profesores. Tesis Doctoral. Sevilla: Universidad de Sevilla. [8]
- PORLÁN, R. (1993). Constructivismo y Escuela. *Hacia un Modelo de Enseñanza-Aprendizaje Basado en la Investigación*. Sevilla: Diada. [5]

- PORLÁN, R. (1993a). La didáctica de las ciencias: una disciplina emergente. *Cuadernos de Pedagogía*, nº 210, 68-71. [8]
- PORLÁN, R. (1993b). *Constructivismo y Escuela. Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación*. Sevilla: Diada. [8]
- PORLÁN, R. (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), 175-185. [8]
- PORLÁN, R. e MARTÍN, R. (1994). El saber práctico de los profesores especialistas. Aportaciones desde las didácticas específicas. *Investigación en la Escuela*, nº 24, 49-59. [8]
- PORLAN, R. e RIVERO, A. (1998). *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Diada. [8]
- POSNER, G. J., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W. e GERTZOG, W. A. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Towards a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66(2), 211-227. [5], [8]
- POZO, J. I. (1987). *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Madrid: Visor. [8]
- POZO, J. I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata. [8]
- POZO, J. I. (1992). El aprendizaje y la enseñanza de hechos y conceptos. Em Coll et al. (Eds.). *Los contenidos en la Reforma. Enseñanza de conceptos, procedimientos y actitudes*. Madrid: Santillana. [8]
- POZO, J. I. et al. (1994). *La solución de problemas*. Madrid: Santillana. [8]
- PRAIA, J. (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. Aveiro: Universidade de Aveiro. [8]
- PRAIA, J. e CACHAPUZ, A. (1994). Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento de los profesores portugueses de la enseñanza secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 350-354. [8]
- PRAIA, J. e CACHAPUZ, A. (1994a). Para uma reflexão em torno das concepções epistemológicas dos professores de Ciências dos ensinos Básico (3º ciclo) e Secundário. *Revista Portuguesa de Educação*, 7 (1-2), 37-47. Braga: Universidade do Minho. [3]
- PRAIA, J. e CACHAPUZ, A. (1994b). Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los Profesores Portugueses de la Enseñanza Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 350-354. [3]
- PRAIA, J. e CACHAPUZ, A. (1998). Concepções Epistemológicas dos Professores Portugueses sobre o Trabalho Experimental. *Revista Portuguesa de Educação*, 11 (1), 71-85. [8]
- PRAIA, J., CACHAPUZ, A., e GIL-PÉREZ, D. (2002). Problema, Teoria e Observação em Ciência: para uma reorientação epistemológica da Educação em Ciência. *Ciência & Educação*, 8 (1), 127-145. [3]
- PRAIA, J., CACHAPUZ, A. e GIL-PÉREZ, D. (2002). A Hipótese e a Experiência Científica em Educação em Ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. *Ciência & Educação*, 8 (2), 253-262. [4]
- PRAIA, J., GIL-PÉREZ, D. e EDWARDS, M. (2000). Percepções dos professores de ciências portuguesas e espanhóis da situação do mundo. Em *O movimento CTS na Península Ibérica*. Aveiro: Universidade de Aveiro. [7]

- PRAIA, J. e MARQUES, L. (1997). El Trabajo de Laboratorio en la Enseñanza de la Geología: reflexión crítica y fundamentos epistemológico-didácticos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5 (2), 95-106. [8]
- PUEY, L. (1992). Alternativas en la introducción de conceptos de Óptica en BUP y COU. Tesis Doctoral. Zaragoza: Universidad de Zaragoza. [8]
- QUINTANILLA, M. A. e SÁNCHEZ RON, J. M. (1997). *Ciencia Tecnología y Sociedad*. Madrid: Santillana. [2]
- RAFEL, J. (1990). Formació de conceptes al voltant dels canvis d'estat d'agregació de la materia. Cas particular: el equilibris líquid-vapor. Tesis Doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona. [8]
- RAMÍREZ, L. (1990). La resolución de problemas de Física y Química como investigación en la enseñanza media, un instrumento de cambio metodológico. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Químicas. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona. [8]
- RAMÍREZ, L., GIL-PÉREZ, D. e MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1994). *La resolución de problemas de Física y de Química como investigación*. Madrid: MEC. [8]
- RAMONET, I. (1997). *El mundo en crisis*. Madrid: Debate. [7]
- RAMOS, R. (2000). Conceções alternativas dos alunos do 11º ano sobre o Ciclo Litológico: seu diagnóstico e alguns contributos para a sua compreensão. Tese de Mestrado. Coimbra: Universidade de Coimbra. [8]
- REBELO, D. (1998). O Trabalho de Campo em Geociências na Formação de Professores. Tese de Mestrado. Aveiro: Universidade de Aveiro. [8]
- REBELO, D., MARQUES, L. e PRAIA, J. (1999). O Trabalho de Campo no Ensino das Geociências: um exemplo de construção de materiais curriculares para o Cabo Mondego. *Geonovas*, nº 13, 58-64. [8]
- REID, D. V. e HODSON, D. (1993). *Ciencia para todos en secundaria*. Madrid: Narcea. [1]
- RENNER, M. (1993). Prepararse para la paz. Em Brown, L. R., Flavin, C. e French, H. (Eds.). *La situación del mundo 1993*. Barcelona: Apóstrofe. [7]
- RENNER, M. (1999). El fin de los conflictos violentos. Em Brown, L. R., Flavin, C. e French, H. (Eds.) *La situación del mundo 1999*. Barcelona: Icaria Ed. [7]
- RESNICK, L. B. (1983). Mathematics and Science Learning: A New Conception. *Science*, 220, 477- 478. [5], [8]
- RESNICK, R., HALLIDAY, D. e KRANE, K. S. (1993). *Física*, v. 1. México: Compañía Editorial Continental. [6]
- REYES, J. V. (1991). La resolución de problemas de Química como investigación: una propuesta didáctica basada en el cambio metodológico. Tesis Doctoral. Bilbao: Universidad del País Vasco. [8]
- RODRÍGUEZ, G. D. (1998). Ciencia, Tecnología y Sociedad: Una mirada desde la educación en Tecnología. *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 107-143. [2]
- ROODMAN, D. M. (1999). La construcción de una sociedad sostenible. Em Brown, L. R., Flavin, C. e French, H. (Eds.). *La situación del mundo 1999*. Barcelona: Icaria Ed. [7]
- ROTH, W. M. (1998). Learning Process Studies: Examples from Physics. *International Journal of Science Education*, 20 (9), 1019-1024. [5]

- ROTH, W. M. e LUCAS, K. B. (1997). From “Truth” to “Invented Reality”: A Discourse Analysis of High School Physics Students’ Talk about Scientific Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 34 (2), 145-179. [2]
- ROTH, W. M. e ROYCHONDHURY, A. (1994). Students’ Epistemologies and Views about Knowing and Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 31 (1), 5-30. [2]
- RUIVO, M L. (1994). Representações dos Professores acerca do Trabalho Prático na disciplina de Ciências Naturais do 7º ano de escolaridade. Teses de Mestrado. Braga: Universidade do Minho. [8]
- SÁ, J. G. (1996). Estratégias de Desenvolvimento do Pensamento Científico em Crianças do 1º Ciclo. Tese de Doutoramento. Braga: Universidade do Minho. [8]
- SÁ, J. e CARVALHO, G. S. (1997). *Ensino Experimental das Ciências. Definir uma estratégia para o 1º ciclo*. Centro/Instituto de Estudos da Criança. Braga: Universidade do Minho. [8]
- SÁEZ, M. J. e RIQUARTS, K. (1996). El desarrollo sostenible y el futuro de la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 175-182. [7]
- SALINAS, J. (1994). Las prácticas de Física Básica en laboratorios universitarios. Tesis Doctoral. València: Universitat de València. [8]
- SALINAS, J., CUDMANI, L. e PESA, M. (1996). Modos Espontáneos de Razonar: Un Análisis de su Incidencia sobre el Aprendizaje del Conocimiento Físico a Nivel Universitario Básico. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 209-220. [5]
- SALTIEL, E. e VIENNOT, L. (1985). ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes? *Enseñanza de las Ciencias*, 3 (2), 137-144. [2]
- SÁNCHEZ RON, J. M. (1994). ¿El conocimiento científico prenda de felicidad? Em Nadal, J. (Ed.). *El mundo que viene*, 221-246. Madrid: Alianza. [2], [7]
- SANMARTÍ, N. (1990). Estudio sobre las dificultades de los estudiantes en la comprensión de la diferenciación entre los conceptos de mezcla y de compuesto. Tesis Doctoral. Lleida. Barcelona: Facultat de Ciències Químiques de la Universitat Autònoma de Barcelona. [8]
- SANTOS, M. E. (1989). Para uma pedagogia da mudança conceptual. Estudo de orientação epistemológica. Tese de Mestrado. Lisboa: Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. [8]
- SANTOS, M. E. (1998). Respostas curriculares a mudanças de *ethos* da Ciência. Os manuais escolares como reflexo dessas mudanças. Tese de Doutoramento. Lisboa: Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. [8]
- SANTOS, M. E. e PRAIA, J. (1992). Percurso de mudança na Didáctica das Ciências. Sua fundamentação epistemológica. Em Cachapuz, A. (Coord.). *Ensino das Ciências e Formação de Professores*, 1, 7-34. [3], [4]
- SAVATER, F. (1994). Biología y ética del amor propio. Em Nadal, J. (Ed.). *El mundo que viene*. Madrid: Alianza. [7]
- SCHECKER, H. P. (1998). Integration of experimenting and modelling by advanced educational technology: examples from nuclear physics. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber. [8]

- SELLEY, N. J. (1989). The philosophy of school science. *Interchange*, 20, (2), 24-32. [2]
- SEN, A. (2000). *Desarrollo y Libertad*. Barcelona: Planeta. [7]
- SEQUEIRA, M. e DUARTE, M. C. (1991). Student's alternative frameworks and teaching strategies: a pilot (study). *European Journal of Teacher Education*, 14 (1), 31-43. [8]
- SEQUEIRA, M. e LEITE, L. (1988). A História da Ciência no Ensino-aprendizagem das Ciências. *Revista Portuguesa de Educação*, 11 (2), 29-40. [8]
- SEQUEIRA, M. e LEITE, L. (1991). Alternative conceptions and the History of Science in Physics Teacher Education. *Science Education*, 75 (1), 45-56. [8]
- SERRANO, C. (1996). Formação de Professores de Ciências (Geologia-Biologia): Abordagem de Temas Multidisciplinares. Tese de Mestrado. Aveiro: Universidade de Aveiro. [8]
- SERRANO, T. (1987). Representaciones de los alumnos en Biología: estado de la cuestión y problemas para su investigación en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (3), 181-188. [8]
- SERRANO, T. (1992). *El desarrollo conceptual del sistema nervioso en los niños de 5 a 14 años. Modelos mentales*. Madrid: Universidad Complutense. [8]
- SEXL, R. U. (1981). Some observations concerning the teaching of the energy concept. *European Journal of Science Education*, 3 (3) 285-289. [6]
- SHAMOS, M. (1995). *The Myth of Scientific Literacy*. New Brunswick (NJ): Rutgers University Press. [1]
- SHUELL, T.J. (1987). Cognitive Psychology and Conceptual Change,: Implications for Teaching Science, *Science Education*, 71 (2), 239-250. [5]
- SHULMAN, L. S. (1987). Knowledge & Teaching: foundations of new reform. *Harvard Educational Review*, nº 57, 1-22. [8]
- SILVA, A. A. (1997). Uma modelização didáctica social-construtivista e ecológica. Tese de Doutoramento. Aveiro: Universidade de Aveiro. [8]
- SILVA, A. A. (1999). *Didáctica da Física*. Porto: Edições Asa. [8]
- SILVER, D. e VALLELY, B. (1998). *Lo que tu puedes hacer para salvar la Tierra*. Salamanca: Lóguez. [7]
- SIMPSON, R. D., KOBALLA Jr., T. R., OLIVER, J. S. e CRAWLEY, F. E. (1994). Research on the affective dimension of science learning. Em Gabel, D. L. (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Pub Co., 211-236. [1], [8]
- SOLBES, J. e VILCHES, A. (1989). Interacciones CTS: un instrumento de cambio actitudinal. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (1), 14-20. [8]
- SOLBES, J. e VILCHES, A. (1997). STS interactions and the teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81(4), 377-386. [1], [2], [5], [8]
- SOLBES, J. e VILCHES, A. (1998). Las interacciones CTS en los nuevos textos de secundaria. Em Banet, E. e De Pro, A. (Coords.). *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*, v. 1, 142-147. Murcia: D. M. [2]
- SOLOMON, J. (1987). Social influences on the construction of pupils' understanding of science. *Studies in Science Education*, 14, 63-82. [2]
- SOLOMON, J. (1991). Teaching About the Nature of Science in the British National Curriculum. *Science Education*, 75 (1), 95-103. [5]

- SOLOMON, J. (1994). The Rise and Fall of Constructivism. *Studies in Science Education*, 23, 1-19. [5], [8]
- SOLOMON, J., DUVEEN, J. e SCOTT, L. (1994). Pupils' images of scientific epistemology. *International Journal of Science Education*, v. 16 (3), 361-373. [2]
- SONGER, N. B. (1998). Can technology bring students closer to science? Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber. [8]
- SOUSA, M. (1992). Procedimentos experimentais: sobre cozinheiros-chefes e cientistas. Em *Ciência como Cultura*, Gil, F. (Org.). A. 91-102. Lisboa: Imprensa Nacional Casa da Moeda. (Estudos Gerais, Série Universitária). [4]
- SPITULNIK, M. W., STRATFORD, S., KRAJCIK, J. e SOLOWAY, E. (1998). Using Technology to support students' artefact construction in science. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber. [8]
- STINNER, A. (1992). Science textbooks and science teaching: from logic to evidence. *Science Education*, 76, (1), 1-16. [2]
- SUCHTING, W. A. (1992). Constructivism Deconstructed. *Science & Education*, 1 (3), 223-254. [5], [8]
- SUMMERS, M. K. (1982). Philosophy of Science in the Science Teacher Education curriculum. *European Journal of Science Education*, 4 (1), 19-27. [3]
- SUTTON, C. (1982). The language of science. *International Encyclopedia of Education*. [8]
- SUTTON, C. (1996). Beliefs about Science and Beliefs about Language. *International Journal of Science Education*, 18 (1), 1-18. [5]
- SUTTON, C. (1997). Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje. *Alambique*, nº 12, 8-32. [8]
- TAMIR, P. (1977). How are the laboratories used? *Journal of Research in Science Teaching*, 14 (4), 311-316. [4]
- TAMIR, P. (1978). *Teaching the Nature of Science*. Iowa City: Science Education Centre, University of Iowa. [3]
- TAMIR, P. (1998). Assessment and evaluation in science education: opportunities to learn and outcomes. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers, 761-790. [8]
- THOMAZ, M. F. (1990). Um modelo construtivista para a formação de professores. Em Tavares, J. e Moreira, A. (Eds.). *Desenvolvimento, Aprendizagem, Currículo e Supervisão*. Aveiro: Universidade de Aveiro, 165-177. [8]
- THOMAZ, M. F., CRUZ, M. N., MARTINS, I. P. e CACHAPUZ, A. F. (1996). Concepciones de futuros profesores del primer ciclo de primaria sobre la naturaleza de la ciencia: Contribuciones de la formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), 315-322. [2], [8]
- THOMPSON, D. (1993). Geoscience Education in Schools Worldwide — a summary report on the presentations at the First International Geoscience Education Conference Southampton 1993. *Teaching Earth Science*, 18 (4), 123-129. [8]
- THOMPSON, D., PRAIA, J. e MARQUES, L. (2000). The importance of History and Epistemology in the designing of Earth Science curriculum materials for general Science Education. *Research in Science e Technological Education*, 18 (1), 45-62. [8]

- TIBERGHIE, A. (1983). La investigación en un laboratorio de didáctica de las ciencias físicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 1 (3), 187-192. [8]
- TIBERGHIE, A. (1985). Quelques éléments sur l'évolution de la recherche en didactique de la physique. *Revue Française de Pédagogie*, nº 72, 71-86. [8]
- TIBERGHIE, A., JOSSEM, E. e BAROJAS, J. (1998). *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. ICPE Book, International Commission on Physics Education. [5]
- TILBURY, D. (1995). Environmental Education for Sustainability: defining the new focus of environmental education in the 1990s. *Environmental Education Research*, 1 (2), 195-212. [7]
- TOBIN, K.G. (Ed.) (1993). *The Practise of Constructivism in Science and Mathematics Education*, Washington Dc: AAA Press. [5]
- TOBIN, K., ESPINET, M., BYRD, S. E. e ADAMS, D. (1988). Alternative Perspectives of Effective Science Teaching. *Science Education*, 72 (4), 433-451. [5]
- TOBIN, K. e ULERICK, S. (1995). Relationships between metaphors beliefs and actions in a context of science curriculum change. *Journal Research in Science Teaching*, 32 (3), 225-242. [8]
- TOULMIN, S. (1977). *La comprensión humana. I: el uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza. [2], [3], [8]
- TRAVÉ, G. e POZUELOS, F. (1999). Superar la disciplinarietà y la transversalidad simple: hacia un enfoque basado en la educación global. *Investigación en la Escuela*, 37, 5-13. [7]
- TRAVER, M. J. (1996). La història de les ciències en l'ensenyament de la Física i la Química. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València, 1996. [2]
- TRINDADE, V. M. (1991). Contributos para o estudo da atitudo científica dos professores. Tese de Doutoramento. Évora: Universidade de Évora. [8]
- TRINDADE, V. e OLIVEIRA, V. (1993). A formação inicial de Professores e a disciplina de Didáctica das Ciências na Universidade de Évora. *Revista de Educação*, v. III, nº 2, 77-91. [8]
- TRUMPER, R. e GORSKY, P. (1993). Learning about energy: the influence of alternative frameworks, cognitive levels, and closed-mindedness. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (7), 637-748. [6]
- TUXILL, J. (1999). Valoración de los beneficios de la biodiversidad. Em Brown, L. R., Flavin, C. e French, H. (Eds.). *La situación del mundo 1999*. Barcelona: Icaria Ed. [7]
- TUXILL, J. e BRIGHT, C. (1998). La red de la vida se desgarrar. Em Brown, L. R., Flavin, C. e French, H. (Eds.). *La situación del mundo 1998*. Barcelona: Icaria Ed. [7]
- VALADARES, J. e PEREIRA, D. C. (1991). *Didáctica da Física e da Química*. Lisboa: Universidade Aberta. [8]
- VALDÉS, R. e VALDÉS, P. (1994). Utilización de los ordenadores en la enseñanza de la física. *Revista Española de Física*, 8 (4), 50-52. [8]
- VALENTE, M. J. (1999). Uma leitura pedagógica da construção histórica do conceito de energia. Contributo para uma Didáctica Crítica. Tese de Doutoramento. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa. [8]

- VALENTE, M. O. (1980). Da natureza da Ciência à atmosfera das aulas de Física. *Gazeta de Física*, v. VII, nº 1 e 2, 1-7. [8]
- VALENTE, M. O. (1988). Inovação e Metodologias de Ensino. *Inovação*, v. 1, nº 1, 23-24. [8]
- VAN DEN AKKER, J. (1998). The Science Curriculum: between ideals and outcomes. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber, 421-447. [8]
- VARELA, P. (1994). La resolución de problemas en la Enseñanza de las Ciencias. Aspectos didácticos y cognitivos. Tesis Doctoral. Madrid: Universidad Complutense. [8]
- VARELA, P. (1996). Las ideas del alumnado en Física. *Alambique*, nº 7, 45-52. [8]
- VASCONCELOS, N. (1987). Motion and Forces: a view of student's ideas in motion to physics teaching. Tese de Doutorado. Londres: Universidade de Londres.
- VEIGA, M. (1988). A study of scientific and every day versions of some fundamental science concepts. Tese de Doutorado. Reino Unido: Universidade de East Anglia. [8]
- VERCHER, A. (1998). Derechos Humanos y Medio Ambiente. *Claves de razón práctica*, 84, 14-21. [7]
- VIENNOT, L. (1976). Le Raisonnement Spontané en Dynamique élémentaire. Thèse d'Etat. Université Paris 7. Paris: Herman. [5], [8]
- VIENNOT, L. (1989). L'enseignement des Sciences Physiques Objet de Recherche. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 716, 899-910. [5], [8]
- VIENNOT, L. (1996). *Raisonnement en Physique. La Part du Sens Commun*, Paris e Bruxelles: De Boeck e Larcier S. A. [5]
- VIENNOT, L. (1997). Former en didactique, former sur le contenu? *Didaskalia*, nº 10, 75-96. [8]
- VILCHES, A. e GIL-PÉREZ, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*. Madrid: Cambridge University Press. [1], [6], [7]
- WALLACE, J. e LOUDEN, W. (1998). Curriculum change in science: riding the waves of Reform. Em Fraser, B. J. e Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers, 471-475. [8]
- WANDERSEE, J. H., MINTZES, J. J. e NOVAK, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. Em Gabel, D. L. (Ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Pub Co, 177-210. [5], [8]
- WARREN, J. W. (1982). The nature of energy. *European Journal of Science Education*, 4(3), 295-297. [6]
- WELCH, W. (1985). Research in science education: review and recommendations. *Science Education*, nº 69, 421-448. [8]
- WHEATLEY, G. H. (1991). Constructivist Perspectives on Science and Mathematics Learning. *Science Education*, 75 (1), 9-21. [5]
- WINNE, P. H. (1979). Experiments Relating Teachers' Use of Higher Cognitive Questions to Student Achievement. *Review of Educational Research*, 49 (1), 13-50. [8]
- YAGER, R. E. e KAHLE, J. B. (1982). Priorities for needed policies and research in science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 17, 523-530. [8]
- YAGER, R. E. e PENICK, J. E. (1983). Analysis of the current problems with school science in the USA. *European Journal of Science Education*, v. 5, 463-459. [8]

