

Antônio Cachapuz • Daniel Gil-Perez
Anna Maria Pessoa de Carvalho
João Praia • Amparo Vilches
(organizadores)

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

A Necessária renovação do ensino das ciências / Antônio 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

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

05-1569

CDD-507

Índices para catálogo sistemático:

I. Ciências : Ensino : Renovação 507

A NECESSÁRIA RENOVAÇÃO DO ENSINO DAS CIÊNCIAS

 **CORTEZ**
EDITORA

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 investigação científica, a alfabetização científica converteu-se numa necessidade para todos: todos necessitamos utilizar a informação científica para realizar opções que se nos deparam 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 fundamentais 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 opõem 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 currícula 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 evitem 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, entatização 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 incluam 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 autêntico mito no seu livro *The Myth of Scientific Literacy* (Shamos, 1995). Conviném, 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 participarem 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 mantém.

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, acrescentar 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 prepararam 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, a 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 ozónio; 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-

prías 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, presuppõe 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

opções — que se podem e devem expressar com uma linguagem acessível — e não há-de ver-se atástada 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 entoque 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 irrealizável” (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 activamente, 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 dichas resistências, que constituem o verdadeiro prejuízo activo. 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 difícil, 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 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: Kluwer.
- 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 in Science Teaching and Learning*. New York: McMillan P. C.
- CARSON, R. (1980). *Primavera Silenciosa*. Barcelona: Grijalbo.
- COMISSÃO MUNDIAL DO MEDIO AMBIENTE e 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.
- FURIO, 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.
- GIORDANI, 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.
- LANGEVIN, 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, Lengua 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 superciencia*. 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, consequentemente, 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: contri-butos para uma reorientação epistemológica*