

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

João Felix Praia¹

António Francisco Carrelhas Cachapuz²

Daniel Gil-Pérez³

Resumo: Trabalhos recentes de investigação sugerem que frequentemente os professores de ciências constroem imagens de ciência marcadas por visões de índole empirista/indutivista. O presente artigo desenvolve-se em torno de contributos da epistemologia, numa perspectiva de transposição para o campo da Educação em Ciência, isto é, centra a nossa atenção na busca e apropriação crítica de elementos fundadores de uma teorização para a Educação em Ciência, por sua vez, também ela capaz de orientar práticas educacionais. É com naturais limitações, decorrentes ainda do actual estatuto epistemológico da Educação em Ciência que procuramos desenvolver um conjunto de idéias sobre aspectos tão importantes como o problema, a teoria e a observação em Ciência, capazes de contribuir para que os professores se sintam mais informados e, por via disso, sejam mais capazes de fundamentar as suas opções educacionais e didácticas em relação à ciência que ensinam.

Termos: epistemologia, educação em ciência, formação de professores.

Abstract: *Science teachers play an important role in forming the image of science that is held by their pupils. However, recent research suggests that quite often science teacher's conceptions of the nature of scientific knowledge are marked by empiricist/inductivist epistemologies. Thus, the present paper aims to help science teachers to have a better understanding of the epistemology of science aspects which may be relevant for their teaching, in particular, the role of the problem, the theory and its articulation with observation. Arguments in line with proposals of the new philosophy of science are developed and implications for teacher education are considered.*

Keywords: *epistemology, science education, teacher education.*

Introdução

Começamos por desenvolver algumas idéias 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 idéias *quasi* consensuais sobre a designada “Nova Filosofia da Ciência”. Faz-se notar que tal consenso decorre da necessidade da sua apropriação pela educação em ciência. Em seguida, apresentamos algumas idéias 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 idéias 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 idéias 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.

¹ Professor Associado, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Portugal (e-mail: jfpraia@fc.up.pt).

² Professor Catedrático, Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa, Universidade de Aveiro, Portugal (e-mail: cachapuz@dte.ua.pt).

³ Professor Catedrático, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de València, Espanha (e-mail: daniel.gil@uv.es).

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 por que 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 quase só valoriza as pseudo-ciências e até mesmo 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 epistemologia⁴ 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 a história dos seus 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 refletir 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 âmbito da educação em ciência (Burbules & 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 *et al.*, no prelo). 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 refletir 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,

⁴Na tradição continental e sobretudo latina a expressão “filosofia das ciências” confunde-se com a de “epistemologia” (Carrilho, 1994).

o conhecimento científico – marcado ontologicamente por uma realidade existente – enquanto construção racional e produção social com possíveis incidências em 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-didático. 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 ainda 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 refletir 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, refletir 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 *et al.*, no prelo). 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 em 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 de Popper (1975, 1983, 1986), Bachelard (1938, 1981), Toulmin (1977) e as trazidas pela reflexão em torno de Kuhn (1971), Bunge (1976, 1980), Lakatos (1982), Laudan (1984), Chalmers (1992), Giere (1998)... 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.

No âmbito do presente artigo são discutidos o problema e a teoria – referências epistemológicas para a compreensão da construção internalista da ciência. A problematização surge-nos, assim, 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).

Por outro lado, são ampla e fortemente significativas as incidências na educação em ciência, no quadro de um ensino inovador, que designamos de “ensino por pesquisa” (Cachapuz *et al.*, 2000a), e também para uma adequada compreensão do percurso de construção do conhecimento científico (Gil, 1993), bem como de uma sustentada recusa e mesmo refutação de um “ensino por descoberta”. O diálogo teoria-observação-teoria são, no tatear reflexivo quer científico quer didáctico, ainda que com especificidades próprias, processos que se imbricam na complexidade de uma procura, sistemática da verdade.

O problema em ciência

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 continuísta, 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 não de certezas, mas de um melhor e mais útil conhecimento. 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 relação 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 um nexos aos seus conhecimentos fazem-no desgarradamente, por parcelas, já que lhes falta um fio condutor, um organizador, um problema que unifique as idéias. 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.

Importa recordar o artigo anterior, em que – além de muitos outros aspectos – se procurava tornar patente uma estratégia de valorização da problematização, como central para uma visão não deformada da ciência.

A(s) teoria(s) 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 por que passam até se imporem na comunidade científica. Elas são as peças essenciais na construção de uma 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 (num determinado domínio) 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 por que passam desde o seu nascimento até ao seu desmoronamento. Duschl (1997) indica-nos instrumentos úteis para os professores de ciências melhor planificarem o ensino e de entre as características das teorias científicas refere-se aos:

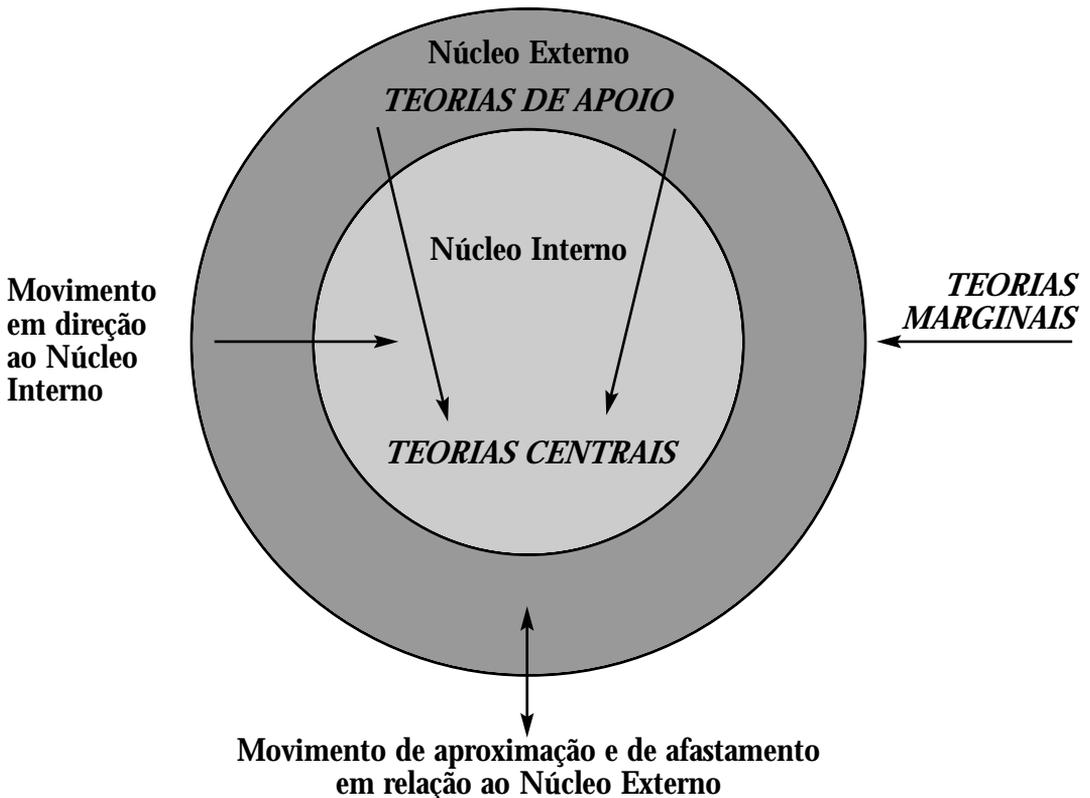
- I) mecanismos relativos à sua mudança;
- II) critérios para as classificar;
- III) procedimentos para as avaliar;
- IV) pontos de vista de teorias rivais.

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 (não confundir com 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 proficuas 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 idéias, factos vindos das teorias antigas. São antes o resultado de processos de construção e de elaboração árduos e laboriosamente pensados por investigadores freqüentemente 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*. Assim se compreende quanto a ciência é uma actividade difícil de compreender totalmente, implicando uma vivência e experienciação difíceis de *apanhar* em toda 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, mais tarde ou mais cedo, se depara com problemas empíricos e conceptuais inultrapassáveis e progride se os evita e/ou ultrapassa. Quanto mais problemas empíricos passados, presentes e futuros resolver uma teoria e quanto 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.

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



Assim, o núcleo interno é representado por teorias centrais sustentado em idéias sólidas e firmes que constituem a corrente principal da ciência e para as quais não existem alternativas. O segundo nível é o designado nível fronteiro 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... à zona de fronteira a tectónica de placas, a teoria da evolução, teoria do Big-Bang, ... à zona marginal, por exemplo, a extinção dos dinossauros 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 no 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 idéia 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 idéia de um questionamento contínuo, de dúvida, em face da 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, não linear do conhecimento científico (Giere, 1998).

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 nos ajuda a compreender melhor as suas vicissitudes. O que está em causa é evitar que a actividade científica seja apenas apresentada como informação final ou mesmo um mero conhecimento adquirido, sem a necessária compreensão de como se lá chegou, dos processos e dos contextos. Ou seja, prevalece a imagem de 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 todas 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 construção de um quotidiano mais solidário.

A observação e a teoria em ciência

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 concepção herdada do positivismo e que está implícita em recomendações que se fazem aos alunos: façam observações repetidas, observem com atenção, seleccionem as observações importantes... A questão não é, naturalmente, de desvalorizar o papel da observação em ciência ou no ensino das ciências mas sim de reapreciar o seu papel e estatuto na construção do conhecimento. Segundo os empiristas clássicos a ciência começa com a observação, devendo o observador registar de um modo fidedigno tudo aquilo que pode ver, ouvir etc., para a partir daqui estabelecer um 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 observação. Estas concepções arrastam conseqüências em nível do ensino, para quem os factos científicos passam a dar significado às teorias, sendo a observação, pois, a etapa mais importante do designado método científico. Os professores exigem (e bem) observações precisas, metódicas, repetidas... No entanto, a observação 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 observação 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 idéia, 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 interpretado”. A idéia 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 idéia, aliás também muito espalhada entre os professores portugueses (Oliveira, 1993, Praia e Cachapuz, 1994 a e b) e espanhóis (Fernández 2000). 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, uma refinada e longa preparação prévia. 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 idéia 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 é mas sim através dos seus quadros teóricos e instrumentação disponível: a natureza sobre a qual ele opera é uma natureza pensada, remodelada, reconstruída, e simplificada. 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 são consideradas, necessariamente, dentro de um mesmo sistema coerente e congruente com a realidade que procura explicar.

Na perspectiva racionalista contemporânea (não confundir com o racionalismo cartesiano) 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 & 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 idéia 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 idéia 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, situação 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 tendo-a 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 idéias, 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 em confronto com esta que muitas vezes se está em condições de lutar contra muitas das idéias 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 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 ingênuo na escola, temos que conscientizar 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 científica, por definição sempre tentativa que se não confunde com certezas, e os professores devem encorajar os alunos a ganharem confiança nas suas conjecturas racionais, para serem capazes de 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 discussões 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 idéia 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 atraioam. A produção científica tal como a conhecemos na comunidade científica não é um objectivo da escola, o que não significa que

caíamos no ensino por transmissão. De acordo com Gil *et al.* (1999): *La idea del estudiante como científico es una metáfora cuyas limitaciones han sido señaladas porque no expresa adecuadamente lo que la investigación ha mostrado acerca del proceso de enseñanza/aprendizaje de las ciencias: es difícil no estar de acuerdo en que los alumnos por sí solos (?) no pueden construir todos (?) los conocimientos científicos. Como señala Pozo (1987) “es bien cierto que muchos de los conceptos centrales de la ciencia son bastantes difíciles de descubrir para la mayor parte - si no para la totalidad- de los adolescentes e incluso de los adultos universitarios”. Sin embargo, como hemos argumentado en diversos trabajos (Gil et al. 1991; Gil 1993 y 1996), de aquí no se sigue que se haya de recurrir necesariamente a la transmisión de dichos conocimientos ni que se haya de poner en cuestión las orientaciones constructivistas. En efecto, es bien sabido que cuando alguien se incorpora a un equipo de investigadores, puede alcanzar con relativa rapidez el nivel medio del resto del equipo. Y ello no mediante una transmisión verbal, sino abordando problemas en los que quienes actúan de directores/ formadores son expertos. La situación cambia, por supuesto, cuando se abordan problemas que son nuevos para todos. El avance, si lo hay, se hace entonces lento y sinuoso. La propuesta de organizar el aprendizaje de los alumnos como una construcción de conocimientos responde a la primera de las situaciones, es decir, a la de una investigación orientada, en dominios perfectamente conocidos por el “director de investigaciones” (profesor) y en la que los resultados parciales, embrionarios, obtenidos por los alumnos, pueden ser reforzados, matizados o puestos en cuestión, por los obtenidos por los científicos que les han precedido. No se trata, pues, de “engañar” a los alumnos, de hacerles creer que los conocimientos se construyen con la aparente facilidad con que ellos los adquieren (Hodson 1985), sino de colocarles en una situación por la que los científicos habitualmente pasan durante su formación, y durante la que podrán familiarizarse mínimamente con lo que es el trabajo científico y sus resultados, replicando para ello investigaciones ya realizadas por otros, abordando, en definitiva, problemas conocidos por quienes dirigen su trabajo. Como afirma Hodson (1992), “Los estudiantes desarrollan mejor su comprensión conceptual y aprenden más acerca de la naturaleza de la ciencia cuando participan en investigaciones científicas, con tal de que haya suficientes oportunidades y apoyo para la investigación”. El planteamiento constructivista del aprendizaje de las ciencias ha de responder, pensamos, a estas características de investigación orientada: un trabajo de investigación en el que constantemente se cotejan los resultados de los distintos equipos y se cuenta con la inestimable ayuda de un experto.*

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

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 variados 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.

**Quadro 1: Perspectivas empirista e racionalista (contemporânea):
sua caracterização sumária**

Dimensões epistemológicas	Atributos de tendência empirista	Atributos de tendência racionalista (contemporânea)
<p>Construção do conhecimento científico</p>	<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 diretriz da teoria; • A evolução da ciência é acumulativa; • Não são tidas em conta as relações entre ciência / tecnologia / sociedade; 	<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 conscientização nas suas opções e tomadas de decisão.
<p>Teoria em ciência</p>	<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; • Está omnipresente na pesquisa e autoriza as hipóteses, as observações e as experiências. 	<ul style="list-style-type: none"> • 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; • É vista como saber explicativo, dinamicamente construído e sujeito à crítica fundamentada, e, por esta razão, tende a ganhar carácter de paradigma;

<p>Observação em ciência</p>	<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 idéias resultam da interpretação de dados sensoriais; • É a observação de factos que confere significado às idéias 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 a 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 de forma *ad-hoc*. 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 1980 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 1994, 1997, Bastos 1998, Laború, Arruda e Nardi 1998, Paixão e Cachapuz 2000 a, b, 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 idéias, 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 propor actividades de aprendizagem, longe já de uma mudança conceptual redutora (Cachapuz, Praia e Jorge, 2000 a) 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 b).

A passagem para uma visão de ciência que consideramos mais congruente com teses e propostas epistemológicas contemporâneas implica indubitavelmente 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, registe-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), 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) e Fernández (2000) descrevem as estratégias utilizadas e discutem os resultados alcançados durante cursos de formação 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 dispor 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 novas práticas lectivas e, ainda, para novas atitudes em face da investigação didáctico-educacional.

Referências Bibliográficas

- AIKENHEAD, G. S. Preparing undergraduate science teachers in S/T/S/: a course in the Epistemology and Sociology of Science. In R. JAMES (Ed.). *Science, Technology and Society: resources for Science Educators*. Columbus, Ohio: Association for the Education of Teachers in Science. 1986.
- BACHELARD, G. *La Philosophie du Non*. Paris: Presses Universitaires de France. 1981.
- BACHELARD, G. *La Formation de L'esprit scientifique*. Paris: Vrin. 1938.
- BASTOS, F. História da Ciência e Pesquisa em Ensino de Ciências. In: NARDI R., (Org.). *Questões Atuais no Ensino de Ciências*. S. Paulo: Escrituras Ed., 1998. p. 43 – 52.
- BUNGE, M. *Epistemología*. Barcelona: Ariel. 1980.
- BURBULES, N. C. & LINN, M. C. Science Education and Philosophy of Science: congruence or contradiction? *International Journal of Science Education*, 13 (3) : 227-241. 1991.
- CACHAPUZ, A. F. Filosofia da Ciência e Ensino da Química: repensar o papel do trabalho experimental. In (Eds), Montero Mesa e Vaz Jeremias, Tórculo. *Actas do Congresso Las Didácticas Específicas en la Formación del Profesorado*, Tomo II, v. 1, p. 357 – 363. Santiago de Compostela. 1992.
- CACHAPUZ, A., PRAIA, J. e JORGE M. 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. 2000 a.
- CACHAPUZ, A., PRAIA, J. e JORGE M. Perspectivas de Ensino. In: *Formação de Professores /Ciências, Nº1*, A. CACHAPUZ (Org.). Centro de Estudos em Educação em Ciência. Porto. 2000b.
- CAMPOS, C. e CACHAPUZ, A. Imagens de Ciência em manuais de química portugueses, *Química Nova*, 6: 23-29. 1997.
- CARRILHO, M. M., *A Filosofia das Ciências. (De Bacon a Feyerabend)*, 1ª ed. Editorial Presença. Lisboa. 1994. p. 11 – 52.
- CHALMERS, A.F. *La ciencia y como se elabora*. Madrid: Siglo XXI. 1992.

- CLEMINSON, A. 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*, v. 27, nº 5, p. 429 – 445, 1990.
- DUSCHL, R. A. *Renovar la Enseñanza de las Ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea, S.A. de Ediciones. 1997.
- FERNÁNDEZ, I. *Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica*. Una propuesta de transformación. 2000. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universidad de Valencia.
- GIERE R.N. *Explaining Science. A cognitive approach*. Chicago: The University of Chicago Press. 1988.
- GIL PEREZ, D. Contribución de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 11, nº 2, p. 197 – 212, 1993.
- GIL-PÉREZ, D. New trends in Science Education. *International Journal of Science Education*, v. 18, nº 8, p. 889 – 901, 1996.
- GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J., DUMAS-CARRÉ, A., FURIÓ, C., GALLEGRO, R., GENÉ, A., GONZÁLEZ, E., GUIASOLA, J., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., PESSOA A., SALINAS, J., TRICÁRICO, H. y VALDÉS, P. ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Enseñanza de las Ciencias*, v. 17, nº 3, p. 503 – 512, 1999.
- GIL PÉREZ, D., FERNÁNDEZ, I., CARRASCOSA, J., PRAIA; J. & CACHAPUZ, A.. Para uma Imagem não Deformada de Ciência. *Ciência & Educação* (no prelo).
- GIORDAN, A. *La Enseñanza de las Ciencias*. 2. ed., Siglo Veintiuno Editores: Madrid. 1985.
- GONÇALVES, R. *Ciência. Pós-Ciência. Meta-Ciência. Tradição, Inovação e Renovação*. Lisboa: Discórdia Editores. 1991. 165 p.
- HODSON, D. The nature of scientific observation. *School Science Review*, v. 63, nº 223, p. 360 – 365, 1986.
- HODSON, D. Filosofía de la Ciencia y educación científica. In: R. PORLÁN, J. E. GARCÍA & P. CAÑAL (Compilads.). *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*. Sevilla: Diada Editoras. 1988. p. 7 – 22.
- HODSON, D. In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International of Science Education* 14 (5), 541-566. 1992.
- IZQUIERDO, M. 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), Barcelona: Graó Educación de Serveis Pedagògics. v. 8, p. 7 – 21, 1996.
- IZQUIERDO, M. Fundamentos Epistemológicos. In: Didáctica de las Ciencias Experimentales, F. J. Perales Palacios e P. Canãl de León (Dir.). Editorial Marfil: Alcoy. 2000. p. 35 – 64.
- JACOB, F. *O jogo dos possíveis*. Ensaio sobre a diversidade do mundo vivo. Lisboa: Gradiva. 1982. 276 p.

- KUHN, TH. S. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de cultura económica. 1971.
- LABURÚ, C., ARRUDA, S. e NARDI, R. Os programas de pesquisa de Lakatos: uma leitura para o entendimento da construção do conhecimento em sala de aula em situações de contradição e controvérsia. *Ciência & Educação*, v. 5, nº 2, p. 23 – 38, 1998.
- LAKATOS, I. *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Editorial. 1989.
- LAUDAN, L. *Science and values: the aims of science and their role in the scientific debate*. Berkeley: University of California Press. 1984.
- MATTHEWS, M. R. History, Philosophy and Science Teaching. What can be done in an undergraduate course ? *Studies in Philosophy and Education*, v. 10, nº 1, p. 93 – 97, 1990.
- MATTHEWS, M. R. *Science Teaching: The role of History and Philosophy of Science*. London: Routledge. 1994. 287 p.
- MEICHTRY, Y. The Nature of Science and Scientific Knowledge: implications for a pre-service elementary methods course. *Science & Education*, v. 8, p. 273 – 286, 2000.
- MELLADO, V. Preservice teachers' classroom practice and their conceptions of the nature of science. *Science Education*, v. 6, p. 331 – 354, 1997.
- OLIVEIRA, V. Natureza da Ciência e formação inicial dos professores de Física e Química. *Revista de Educação*, v. 3, nº 1, p. 67 – 76, 1993.
- PAIXÃO, M. F. e CACHAPUZ, A. 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*, v. 1, nº 2, p. 201 – 215, 2000.
- PAIXÃO, M. F. e CACHAPUZ, A. Formación epistemológica y cambio de imágenes de ciencia impartidas en el aula. *Revista de Educación en Ciencias / Journal of Science Education*, v. 2, nº 1, p. 33 – 38, 2001.
- POPPER, K. R. *Conhecimento objetivo*. Uma abordagem evolucionária. São Paulo: Editora Itatiaia. 1975. 394 p.
- POPPER, K. R. *Conjecturas y Refutaciones : el desarrollo del conocimiento científico*. Barcelona: Paidós. 1983. 513 p.
- POPPER, K. R. *Autobiografía intelectual*. 2ª ed. São Paulo: Editora Cultrix. 1986. 251 p.
- POZO, J. I. *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Madrid: Visor. 1987.
- PRAIA, J. e CACHAPUZ, A. Para uma reflexão em torno das concepções epistemológicas dos professores de Ciências dos ensinos Básico (3º ciclo) e Secundário. *Revista Portuguesa de Educação*, Braga: Universidade do Minho. v. 7, v. (1/2), p. 37 – 47, 1994 a.
- PRAIA, J. e CACHAPUZ, A. Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los Profesores Portugueses de la Enseñanza Secundária. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 12, nº 3, p. 350 – 354, 1994 b.
- SANTOS, M. E. & PRAIA, J. Percurso de mudança na Didáctica das Ciências. Sua fundamentação epistemológica. In A. CACHAPUZ (Coord.). *Ensino das Ciências e Formação de Professores*. nº 1, 7-34. 1992.
- SUMMERS, M. K. Philosophy of Science in the Science Teacher Education curriculum. *European Journal of Science Education*, v. 4, nº 1, p. 19 – 27, 1982.

TAMIR, P. *Teaching the Nature of Science*. Iowa City: Science Education Center, University of Iowa. 1978.

TOULMIN, S. *La comprensión humana. I: el uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza. 1977.

**Artigo recebido em 14 de março de 2002 e
selecionado para publicação em 17 de maio de 2002.**