

PARA UMA IMAGEM NÃO DEFORMADA DO TRABALHO CIENTÍFICO

Daniel Gil Pérez*

Isabel Fernández Montoro**

Jaime Carrascosa Alís**

António Cachapuz***

João Praia****

Resumo: O presente artigo pretende evidenciar a importância de (re)conhecer as visões deformadas dos professores sobre o trabalho científico, para a partir daí poderem consciencializar e modificar as suas próprias concepções epistemológicas acerca da natureza da ciência e da construção do conhecimento científico. Afirma-se que o trabalho colaborativo de grupos de docentes, quando da realização de workshops, é bem mais produtivo e positivo do que o trabalho individual na detecção de tais visões. Enumeram-se sete visões deformadas; aliás, abundantemente referidas na literatura, aqui intencionalmente extensa. Caracterizam-se tais visões deformadas e desenvolvem-se sobre elas considerações que ajudam à reflexão. Por outro lado, referem-se as características do trabalho científico e tecem-se orientações epistemologicamente mais adequadas, por sua vez capazes de ajudar a (re)pensar e a qualificar o trabalho científico. Sugerem-se implicações para o ensino das ciências e, num contexto mais vasto, para a Nova Didática das Ciências.

Unitermos: Epistemologia, Trabalho Científico, Visões Deformadas, Ensino das Ciências.

Abstract: *Recent researches suggest that quite frequently science teachers perspectives about the nature of science and on scientific knowledge construction are inadequate. Researches also suggest that such inadequate perspectives may influence through science teaching the images held by students about the nature of science and of the scientific knowledge. This paper presents the main features of seven teachers' perspectives with an extensive review of related research studies. Alternative views based on pos-positivist frameworks are then outlined as well as their implications for science teaching.*

Keywords: *Epistemology, Scientific Work, Nature of Science, Science Teaching*

1. Introdução

Faria sentido pensar que, tendo nós uma formação científica (Biologia, Física, Química, Geologia, ...) e sendo nós professores de ciências, deveríamos ter adquirido – e, portanto, estaríamos os em situação de transmitir – uma imagem adequada do que é a construção do conhecimento científico.

* Professor Catedrático, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidade de Valencia, Espanha, (e-mail: daniel.gil@uv.es)

** Professora Catedrática de Física e Química, Instituto de Enseñanza Secundária “Vicent Andrés Estellés”, Valencia, Espanha (e-mail: isabel.fdez@soc.ccoo.es)

*** Professor Catedrático de Física e Química, Instituto de Enseñanza Secundária “Cid Campeador”, Valencia, Espanha (e-mail: jcalis@ctv.es)

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

***** Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Portugal, (e-mail: jspraia@fc.up.pt)

No entanto, numerosos estudos têm mostrado que tal não acontece e que o ensino – incluindo o ensino universitário – transmite, por exemplo, visões empírico-indutivistas da ciência que se distanciam largamente da forma como se constroem e produzem os conhecimentos científicos (Cleminson, 1990; Matthews, 1991; Stinner, 1992; Hodson, 1993; Pomeroy, 1993; Désautels *et al.*, 1993; Koulaidis e Ogborn, 1995; Thomaz *et al.*, 1996).

Não é objetivo deste trabalho analisar as razões dessa incoerência, que remete, em primeiro lugar, para o fato de o ensino científico – incluindo, e não é demais referi-lo, o universitário – se ter reduzido basicamente à apresentação de conhecimentos previamente elaborados, sem dar oportunidade aos estudantes de contactarem e explorarem atividades na perspectiva de um ensino do tipo investigativo (Yager e Penick, 1983; Burbules e Linn, 1991; Matthews, 1991; Songer e Linn, 1991; Brickhouse, 1994; Solomon, Duveen e Scott, 1994; Hammer, 1995).

Por tudo isto, as concepções dos estudantes – incluindo as dos futuros docentes – não se afastam daquilo a que se pode chamar de uma imagem “*folk*”, “*naïf*” ou “popular” da ciência (Fernández, 2000), associada a *um* suposto método científico, único, algorítmico, bem definido e quiçá, mesmo, infalível.

Poder-se-ia argumentar que essa dissonância não é importante, pois não impediu os docentes de desempenharem a tarefa de transmissores de conhecimentos científicos (uma das funções sociais que lhes foi “encomendada”). No entanto, as limitações de uma educação científica centrada na mera transmissão de conhecimentos – limitações postas em relevo por uma abundante literatura, recolhida em boa medida nos *Handbooks* já publicados (Gabel, 1994; Fraser e Tobín, 1998; Perales e Cañal, 2000), deram origem a investigações que evidenciaram as concepções epistemológicas inadequadas e mesmo incorretas como um dos principais obstáculos aos movimentos de renovação da Educação em Ciência/Didática das Ciências (Bell e Pearson, 1992; Furió, 1994; Cachapuz, 1995a; Désautels e Larochele, 1998 a e b). Assim se compreendeu que “toda a estratégia pedagógica adquire sentido e importância em função, entre outros factores, da opção epistemológica do seu autor” (Désautels *et al.*, 1993). Este fato transformou o estudo das referidas concepções numa importante linha de investigação (Brickhouse, 1989; Duschl e Wright, 1989; Brickhouse, 1990; Briscoe, 1991; Brickhouse e Bodner, 1992; Cachapuz, 1992; Gaskell, 1992; Linder, 1992; Briscoe, 1993; Désautels *et al.*, 1993; Carrascosa *et al.*, 1993; Guilbert e Meloche, 1993; Hodson, 1993; Pomeroy, 1993; Ruba e Harkness, 1993; Ruggieri, Tarsitani e Vicentini, 1993; Acevedo, 1994; Lakin e Wellington, 1994; Abrams e Wandersee, 1995; Fernández e Orozco, 1995; Hewson, Kerby e Cook, 1995; Koulaidis e Ogborn, 1995; Praia, 1995; Hashweeh, 1996; Mellado, 1996; Thomaz *et al.*, 1996; Briscoe e Peters, 1997; Mellado, 1997; Botton e Brown, 1998; Désauteles e Larochele, 1998a; McComas, 1998a; Mellado, 1998; Paixão e Cachapuz, 1998a y 1999; Praia e Cachapuz (1994a e 1998); Porlán e Rivero, 1998; Sutton, 1998; Lemberger, Hewson e Park, 1999).

Tudo isto recoloca a necessidade de se estabelecer o que deve entender-se por uma visão aceitável do trabalho científico. Estamos conscientes da dificuldade de falar em uma “imagem correta” da construção do conhecimento científico, que parece sugerir a existência de um método científico universal, de um modelo único de mudança científica (Estany, 1990). É preciso, então, evitar qualquer interpretação desse tipo, situação que não se consegue renunciando a falar das características da atividade científica, mas sim com um

esforço, consciente, para evitar simplificações e deturpações. Tal levou-nos a organizar o presente estudo em dois tempos articulados:

i) *intentar um consenso sobre o que deveria ser evitado*, isto é, em volta daquilo que pode ser recusado com clareza, como estando em oposição ao que pode atualmente entender-se como uma aproximação científica à resolução de problemas. Trata-se, de certo modo, de pensar pela negativa – evitando possíveis deformações – uma atividade complexa que parece difícil de caracterizar pela positiva. A nossa hipótese é a de que esta aproximação poderia dar mais resultado – pelo menos inicialmente – para se estabelecer, coletivamente, as características essenciais da atividade científica. Abordaremos, numa primeira parte, a procura de visões deformadas, susceptíveis de conduzirem a um amplo consenso em torno do que se deve evitar quando pretendemos adotar posturas de tipo científicas. No entanto, a hipótese de possíveis deformações a evitar comporta implicitamente uma caracterização positiva da natureza da ciência e do trabalho científico, que pode e deve tornar-se explícita. Uma caracterização que, certamente, não pretende negar uma ampla margem de ambigüidade, própria de uma atividade aberta e criativa, que não pode reduzir-se a um conjunto de regras fixas, fato que constitui, sem dúvida, uma primeira característica a destacar;

ii) num segundo tempo, a nossa conjectura assumiu que a referida imagem pode obter-se diretamente a partir da consideração do que têm em comum as diversas perspectivas e teses epistemológicas de autores como Popper (1962), Khun (1971), Bunge (1976), Toulmin (1977), Lakatos (1982), Laudan (1984), Giere (1988). Para isso, procuramos os ditos pontos comuns – deixando de lado as inevitáveis interpretações, diferenças e mesmo divergências – com o objetivo de extrair algumas proposições básicas em torno da atividade científica. Sem negar o interesse das interpretações, diferenças e divergências, colocamos a tônica naquilo em que existe consenso, tendo como base uma visão da ciência que não cai em demasiadas simplificações e deformações. Tal fato, pensamos nós, é suficiente – pelo menos numa primeira abordagem – para orientar a atividade dos que têm a responsabilidade, tanto da alfabetização científica dos futuros cidadãos e cidadãs, como da formação inicial dos futuros cientistas. Dedicaremos, pois, a segunda parte deste trabalho à apresentação dessa caracterização positiva da atividade científica e tentaremos mostrar como tal caracterização pode superar as deformações identificadas na primeira parte. Por último, faremos referência a algumas implicações educativas desse esforço de clarificação.

2. Visões deformadas do trabalho científico

O nosso ponto de partida para nos aproximarmos da natureza do trabalho científico – isto é, para compreendermos como se constroem e mudam os conhecimentos científicos – foi assumir que, para o efeito, tornava-se útil começar com uma reflexão sobre as possíveis deformações que o ensino das ciências poderia (e pode) estar a transmitir, explícita ou implicitamente, acerca da compreensão da natureza do referido trabalho científico. Pensamos que uma consideração explícita de tais deformações pode ajudar a questionar concepções e práticas assumidas de forma acrítica e a aproximar-se de concepções epistemológicas mais adequadas que, se devidamente reforçadas, podem ter incidência positiva sobre o ensino.

Basicamente, foram duas as estratégias utilizadas para identificar as deformações relativas ao trabalho científico na imagem proporcionada pelo ensino das ciências. Por um

lado, o que fizemos - por meio de *workshops* sobre a natureza do ensino das ciências e o seu papel - foi colocar grupos de docentes *em situação de investigação* que tinham de analisar criticamente as concepções dos docentes sobre o trabalho científico.

Uma atividade básica desse processo consistiu em solicitar aos grupos uma enumeração - a título de primeira "conjectura", baseada numa reflexão crítica sobre a prática docente que lhes é familiar - das possíveis deformações que no ensino das ciências poderiam estar a ocorrer por ação ou omissão. Poderia pensar-se que essa atividade seria pouco produtiva, já que se pede aos responsáveis, de certo modo, pelas deformações, que as identifiquem. Sem dúvida, a nossa hipótese - e a nossa aposta - foi que, ao criar-se uma situação de investigação coletiva e cooperativa, nós, professores, pudéssemos distanciar-nos criticamente das nossas concepções e práticas habituais, frutos de uma influência do meio que não tínhamos ainda tido ocasião de analisar ou valorizar. A nossa hipótese é a de que essa reflexão crítica realizada por diferentes grupos de docentes iria proporcionar resultados valiosos para se conhecer possíveis deformações da natureza da ciência e do trabalho científico sobre as quais se deveria prestar atenção.

O resultado deste trabalho, que foi realizado com numerosos grupos de professores em formação inicial e em formação contínua (pois constitui parte das nossas estratégias habituais de formação de professores de ciências), é que as deformações conjecturadas são, quase geralmente, sempre as mesmas; mais ainda, não só se assinalam sistematicamente as mesmas deformações, como também se observa uma notável coincidência na frequência com que cada uma é mencionada.

Uma segunda estratégia, utilizada para conhecer essas possíveis deformações sobre a natureza da ciência, sobre o que é a construção do conhecimento científico e sobre o próprio trabalho científico, consistiu em analisar artigos sobre educação científica/didática das ciências relacionados com os tópicos enunciados, e neles procurar referências a possíveis erros e simplificações na forma como o ensino da ciência os apresenta. Deste modo, procedemos à análise de dezenas de artigos que surgiram entre 1984 e 1998 em revistas como *Science Education*, *International Journal of Science Education*, *Journal of Research in Science Teaching*; *Enseñanza de las Ciencias* etc., assim como de trabalhos recolhidos no *International Handbook of Science Education*, editado por Fraser e Tobin (1998) e numa recompilação de McComas (1998) com o título *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*.

Os resultados dessa análise bibliográfica são notavelmente coincidentes com as "conjecturas" formuladas pelo grupo de professores no que se refere às deformações mencionadas e no que diz respeito à frequência com que surgem (Fernández, 2000). Essa coincidência básica reforça a nossa hipótese sobre a validade de uma reflexão dos professores, devidamente apoiada. De fato, uma multiplicidade de estratégias empíricas (que incluem desde a utilização de questionários a entrevistas com professores, passando pela análise de textos escolares e de diversos materiais elaborados por professores em formação e em exercício) permitiram-nos constatar que tais deformações são transmitidas, efetivamente, por meio da educação científica formal e informal (Fernández, 2000).

Deste modo, podemos tentar aproximar-nos de uma imagem mais correta e adequada do trabalho científico, tomando em consideração essas deformações, isto é, tratando explicitamente de não cair nas mesmas deformações, nem ativa, nem passivamente. A seguir, exporemos brevemente tais deformações, que expressam, em conjunto, uma imagem

ingênua, profundamente afastada do que é a construção do conhecimento científico, mas que se foi consolidando até tornar-se um estereótipo socialmente aceite que, insistimos, a própria educação científica reforça ativa ou passivamente.

1. Porventura a deformação que foi estudada em primeiro lugar, e a mais amplamente assinalada na literatura, é a que poderíamos denominar de **concepção empirico-indutivista e atórica**. É uma concepção que destaca o papel “neutro” da observação e da experimentação (não influenciadas por idéias apriorísticas), esquecendo o papel essencial das hipóteses como orientadoras da investigação, assim como dos corpos coerentes de conhecimentos (teorias) disponíveis, que orientam todo o processo.

De fato, numerosos estudos têm mostrado as discrepâncias entre a ciência vista por meio das epistemologias contemporâneas e certas concepções docentes, amplamente difundidas, marcadas por um empirismo extremo (Giordan, 1978; Hodson, 1985; Nussbaum, 1989; Cleminson, 1990; King, 1991; Stinner, 1992; Désautels *et al.*, 1993; Lakin e Wellington, 1994; Hewson, Kerby e Cook, 1995; Jiménez Aleixandre, 1995; Thomaz *et al.*, 1996; Izquierdo, Sanmartí e Espinet, 1999 ...).

Essas concepções empirico-indutivistas da ciência afetam os próprios cientistas - pois, como explica Mosterín (1990), seria ingênuo pensar que “estão sempre conscientes dos métodos que usam nas suas investigações” - assim como, logicamente, os próprios estudantes (Gaskell, 1992; Pomeroy, 1993; Roth e Roychondhury, 1994; Solomon, Duveen e Scott, 1994; Abrams e Wanderse, 1995; Traver, 1996; Roth e Lucas, 1997; Désautels e Larochelle, 1998b). Convém assinalar que esta idéia, que atribui a essência da atividade científica à experimentação, coincide com a de “descoberta” científica, transmitida, por exemplo, pelas histórias em quadrinhos, pelo cinema e, em geral, pelos meios de comunicação, imprensa, revistas, televisão (Lakin e Wellington, 1994). Dito de outra maneira, parece que a visão dos professores - ou a que é proporcionada pelos livros de textos (Selley, 1989; Stinner, 1992) - não é muito diferente, no que se refere ao papel atribuído à experiência, daquilo que temos denominado de imagem “ingênua” da ciência, socialmente difundida e aceite.

Cabe assinalar que, ainda que esta seja, sem dúvida, a deformação mais estudada e criticada na literatura, tanto na década de setenta como no período analisado de 1984-1998 (havendo mais de 60 trabalhos que a referem¹), são poucos os grupos de professores que

¹ **Trabalhos em que se critica a visão empírico-indutivista e atórica da ciência:**

Nadeau e Désautels (1984); Hodson (1985); Otero (1985); Bronowski (1987); Giordan e De Vecchi (1987); Gould (1987); Selley (1989); Brickhouse (1989); Jacoby e Spargo (1989); Cleminson (1990); Koballa, Crawley e Shrigley (1990); Burbules e Linn (1991); Gallagher (1991); Brickhouse (1990); King (1991); Loving (1991); Matthews (1991); Solomon (1991); Gaskell (1992); Hodson (1992a); Lederman (1992); Linder (1992); Stinner (1992); Tobin, Tippins e Gallard, (1994); Carrascosa *et al.* (1993); Désautels *et al.* (1993); Gil (1993); Guilbert e Meloche (1993); Hodson (1993); Pomeroy (1993); Ruba e Harkness (1993); Ruggieri, Tarsitani e Vicentini (1993); Acevedo (1994); Brickhouse (1994); Duschl (1994); Furió (1994); Gil (1994a); Lakin e Wellington (1994); Praia e Cachapuz (1994a y b); Roth e Roychoudhury (1994); Solomon, Duveen e Scott (1994); Tobin, Tippins e Hook, (1994); Cachapuz (1995b); Fernández e Orozco (1995); Hewson, Kerby e Cook (1995); Jimenez (1995); Kouladis e Ogborn (1995); Orozco e Fernández (1995); Praia (1995); Gil (1996); Hashweeh (1996); Thomaz *et al.* (1996); Campos e Cachapuz 1997; Praia e Marques (1997); Boersema (1998); Cobern e Loving (1998); Dawkings e Glatthorn (1998); Hammerich (1998); Lederman e Abd-El-Khalick (1998); Matson e Parson (1998); McComas (1998a y 1998b); McComas e Olson (1998); McComas *et al.* (1998); Meitchtry (1998); Nott e Wellington (1998); Paixão e Cachapuz 1998b; Porlán e Rivero, (1998); Porlán *et al.* (1998); Praia e Cachapuz (1998); Spector, Strong e La Porta (1998); Sutton (1998); Yerrick, Pedersen e Arnason (1998); Lederman (1999); Lemberger, Hewson e Park (1999); Meitchtry (1999); Paixão e Cachapuz 1999; Sanmartí e Tarin (1999); Sperandeo-Mineo (1999); Izquierdo, Sanmartí e Espinet (1999); Cachapuz *et al.* (2000a, b y c); Cobern (2000);

lhes fazem referência. Isso pode interpretar-se pelo peso que a concepção empírico-indutivista continua a ter nos professores de ciências. A esse respeito, é preciso ter em conta que, apesar da importância dada (verbalmente) à observação e à experiência em geral, o ensino é puramente livresco, sem trabalho experimental. Isso faz com que a experimentação conserve, junto dos estudantes e dos professores, o atractivo de uma “revolução em aberto”, tal como podemos depreender de entrevistas realizadas com professores em serviço (Fernández, 2000). De fato, as tentativas de renovação do ensino das ciências iniciadas nos anos 60 incorriam, nas suas designações – “aprendizagem por descoberta”, “aprendizagem dos processos científicos” ... nessa visão ateorica, centrada no suposto “método científico”, esquecendo os conteúdos (Gil, 1983; Sanmartí *et al.*, 1990).

2. Uma segunda deformação amplamente identificada na literatura (cerca de 40 artigos no período analisado²) é a que transmite uma **visão rígida (algorítmica, exata, infalível, ...)**. Apresenta-se o “método científico” como um conjunto de etapas a seguir mecanicamente. Por outro lado, destaca-se o que se supõe ser um tratamento quantitativo, controle rigoroso etc., esquecendo - ou, inclusive, recusando - tudo o que se refere à criatividade, ao carácter tentativo, à dúvida, ... Tal põe-se particularmente em evidência no que respeita à avaliação; como afirma Hodson (1992b), a preocupação, quase obsessiva, em evitar a ambigüidade e em assegurar a fiabilidade das avaliações, distorce a natureza do trabalho científico, essencialmente incerto e também com algo de intuitivo e, por certo, reflexivo A avaliação deveria ter em conta essa “ambigüidade” e não tentar eliminá-la ou mesmo ignorá-la.

Trata-se de uma concepção amplamente difundida entre os professores de ciências, tal como tivemos ocasião de constatar utilizando diversas estratégias empírico-experimentais (Fernández, 2000). Assim, nas entrevistas que temos mantido com professores, uma maioria referiu-se ao “método científico” como uma seqüência de etapas definidas, destacando o rigor do mesmo e o carácter exato dos resultados obtidos. Resultados semelhantes já foram obtidos por outros investigadores³.

Glasson e Bentley (2000); Irwin (2000); Paixão e Cachapuz (2000 a y b); Campanario, Moya e Otero, (2001); Paixão e Cachapuz (2001);

² **Trabalhos que mencionam a visão rígida (algorítmica, exata, infalível,...) da ciência:**

Aikenhead (1984); Hodson (1985); Porlán (1989); Gallagher (1991); Gaskell (1992); Hodson (1992a) (1992b); Linder (1992); Tobin, Tippins e Gallard, (1994); Carrascosa *et al.* (1993); Gil (1993); Guilbert e Meloche (1993); Hodson (1993); Acevedo (1994); Brickhouse (1994); Furió (1994); Gil (1994a); Lakin e Wellington (1994); Pedrinaci (1994); Praia e Cachapuz (1994a y b); Solomon, Duveen e Scott (1994); Tobin, Tippins e Hook (1994); Fernández e Orozco (1995); Orozco e Fernández (1995); Praia (1995); Gil (1996); Hashweeh (1996); Thomaz *et al.* (1996); Praia e Marques (1997); Boersema (1998); Cobern e Loving (1998); Dawkings e Glathorn (1998); Hammerich (1998); Lederman e Abd-El-Khalick (1998); Matson e Parson (1998); McComas (1998a y1998b); McComas e Olson (1998); Meitchtry (1998); Nott e Wellington (1998); Paixão e Cachapuz (1998b); Porlán e Rivero, (1998); Porlán *et al.*, 1998; Praia e Cachapuz (1998); Spector, Strong e La Porta (1998); Sutton (1998); Yerrick, Pedersen e Arnason (1998); Lederman (1999); Meitchtry (1999); Paixão e Cachapuz (1999); Sanmartí e Tarin (1999); Cachapuz *et al.* (2000 a, b y c); Cobern (2000); Glasson e Benteley, 2000; Irwin (2000); Campanario, Moya e Otero, (2001); Paixão e Cachapuz (2001);

³ **Trabalhos que incluem referências relativas a uma visão aproblemática e ahistórica (dogmática e fechada) da ciência:**

Otero (1985); Gagliardi e Giordan (1986); Giordan e De Vecchi (1987); Porlán (1989); Cleminson (1990); Koballa, Crawley e Shrigley (1990); García Cruz (1991); Linder (1992); Stinner (1992); Tobin, Tippins e Gallard, (1994); Carrascosa *et al.* (1993); Gil (1993); Guilbert e Meloche (1993); Acevedo (1994); Brickhouse (1994); Furió (1994); Gil (1994a); Lakin, e Wellington (1994);

Cabe assinalar que, essa sim, é uma deformação amplamente criticada pelos grupos de professores, até ao ponto de alguns, ao recusar essa visão rígida e dogmática da ciência, fazerem seu um **relativismo** extremo, tanto metodológico (“tudo vale”, não há metodologias específicas no trabalho científico), como conceptual (não *há* uma realidade objetiva que permita assegurar a validade das construções científicas: a única base em que se apoia o conhecimento é o consenso da comunidade de investigadores nesse campo); um relativismo que encontra suporte filosófico nas teses epistemológicas de Feyerabend (1989), ainda que com críticas no âmbito da Educação em Ciência (Izquierdo, Sanmartí e Espinet, 1999).

3. Muito ligada a essa visão rígida, podemos mencionar a **visão problemática e ahistórica** (portanto, **dogmática e fechada**): transmitem-se os conhecimentos já elaborados, sem mostrar os problemas que lhe deram origem, qual foi a sua evolução, as dificuldades encontradas etc., e não dando igualmente a conhecer as limitações do conhecimento científico atual nem as perspectivas que, entretanto, se abrem. Perde-se assim de vista que, como afirma Bachelard (1938), “*todo o conhecimento é a resposta a uma pergunta*”, isto é, a um problema/situação problemático, o que dificulta a captação, bem como a compreensão da racionalidade de todo o processo e empreendimento científicos.

Trata-se de uma concepção que o ensino da ciência reforça *por omissão*. De fato, os professores de ciências, tanto ao serem entrevistados como ao resolverem diferentes tipos de questões relativas à forma de introduzir os conhecimentos científicos, não fazem referência aos problemas que estão na origem da construção de tais conhecimentos. Isto é, a visão que transmitem, em geral, incorre implicitamente numa visão aproblemática; e o mesmo se pode constatar nos livros de texto (Fernández, 2000).

Mais de 35 artigos referem-se a esta concepção⁴, que é também criticada frequentemente pelos grupos de professores em momentos de reflexão crítica, quando se lhes propõe a sua participação na investigação em torno de possíveis visões deformadas da atividade científica transmitidas através do processo educativo-didático.

4. Uma deformação que apenas é mencionada pelos grupos de professores e que foi escassamente tratada pela investigação (menos de uma dezena de artigos lhe fazem referência⁵) é a que consiste numa **visão exclusivamente analítica**, que destaca a necessária

Pedrinaci (1994); Praia e Cachapuz (1994), Roth e Roychoudhury (1994); Solomon, Duveen e Scott (1994); Tobin, Tippins e Hook (1994); Abrams e Wandersee (1995); Cachapuz (1995b); Fernández e Orozco (1995); Orozco e Fernández (1995); Praia (1995); Gil (1996); Hashweeh (1996); Thomaz *et al.* (1996); Campos e Cachapuz 1997; Boersema (1998); Dawkings e Glathorn (1998); Matson e Parsons (1998); McComas (1998a e 1998b); McComas e Olson (1998); Meitchtry (1998); Paixão e Cachapuz 1998b; Porlán e Rivero, (1998); Porlán *et al.*, 1998; Sutton (1998); Yerrick, Pedersen e Arnason (1998); Lederman (1999); Praia e Coelho (1999); Meitchtry (1999); Sanmartí e Tarin (1999); Sperandeo-Mineo (1999); Cachapuz *et al.* (2000 a, b y c); Cobern (2000); Glasson e Bentley (2000); Irwin (2000); Paixão e Cachapuz (2000 a y b); Moya e Otero, (2001); Paixão e Cachapuz (2001).

⁴ **Trabalhos em que se presta atenção a uma visão exclusivamente analítica da ciência:**

Matthews (1991); Hodson (1992a); Carrascosa *et al.* (1993); Gil (1993); Furió (1994); Gil (1994a); Fernández e Orozco (1995); Praia (1995); Orozco e Fernández (1995); Gil (1996); McComas e Olson (1998); Spector, Strong e La Porta (1998); Lemberger, Hewson e Park (1999); Meitchtry (1999); Paixão e Cachapuz (1999); Paixão e Cachapuz (2000b).

⁵ **Trabalhos que se referem a uma visão meramente acumulativa e de crescimento linear dos conhecimentos científicos:**

Porlán (1989); Cleminson (1990); Fillon (1991); Carrascosa *et al.* (1993); Gil (1993); Guilbert e Meloche (1993); Ruggieri, Tarsitani e Vicentini (1993); Brickhouse (1994); Furió (1994); Gil (1994a); Pedrinaci (1994); Cachapuz (1995b); Fernández e Orozco (1995); Orozco e Fernández (1995); Praia(1995); Gil (1996); Hashweeh (1996); Thomaz *et al.*, (1996); Boersema (1998); Matson

divisão parcelar dos estudos, o seu carácter limitado, simplificador. Porém, esquece os esforços posteriores de unificação e de construção de corpos coerentes de conhecimentos cada vez mais amplos, ou o tratamento de “problemas-ponte” entre diferentes campos de conhecimento que podem chegar a unificar-se, como já se verificou tantas vezes e que a História da Ciência evidencia.

Esta escassa atenção a uma visão deformada, que nos parece particularmente grave, talvez (ainda que com reservas) se deva ao fato das propostas de tratamento interdisciplinar e, inclusive, do ensino integrado das ciências, terem sido amplamente difundidas e parecerem gozar de uma boa aceitação (pelo menos verbal) junto dos professores. No nosso entender, tais propostas incorrem, com frequência, num erro de sinal contrário ao da visão analítica, mas não menos grave, que consiste em tomar a unidade, nas suas inter-relações complexas, do conteúdo científico como ponto de partida, esquecendo que o estabelecimento da dita unidade constitui uma conquista recente e nada fácil da ciência (Gil *et al.*, 1991; Gil, 1994b). Recordemos, por exemplo, da forte oposição às concepções unitárias em Astronomia (heliocentrismo), em Biologia (evolucionismo) ou em Química Orgânica (síntese orgânica).

Em todo caso, a desvalorização e mesmo o esquecimento dos processos de unificação como característica fundamental da evolução dos conhecimentos científicos constitui um verdadeiro obstáculo na educação científica habitual. De fato, temos podido constatar (Fernández, 2000) que mais de 80% dos professores e dos livros de textos incorrem, implicitamente, nessa visão deformada, esquecendo-se de destacar, por exemplo, a unificação que supõe a síntese *newtoniana* das mecânicas celeste e terrestre, recusada durante mais de um século com a condenação das obras de Copérnico e de Galileu.

5. Uma visão deformada que é, também, pouco referida pelos grupos de professores - e que é a segunda menos mencionada na literatura⁶ a seguir à visão exclusivamente analítica - é a que transmite uma **visão acumulativa de crescimento linear** dos conhecimentos científicos: o desenvolvimento científico aparece como fruto de um crescimento linear, puramente acumulativo (Izquierdo, Sanmartí e Espinet, 1999), que ignora as crises e as remodelações profundas (Praia, 1995), fruto de processos complexos que não se desejam e deixam moldar por nenhum modelo (pré)definido de mudança científica (Giere, 1998; Estany, 1990).

Essa visão deformada é, de certo modo, complementar da que denominamos *visão rígida*, embora devam ser diferenciadas: enquanto a visão rígida ou algorítmica se refere à forma como se concebe a realização de uma dada investigação, a visão acumulativa é uma interpretação simplista da evolução dos conhecimentos científicos, para a qual o ensino pode contribuir ao apresentar os conhecimentos hoje aceites sem mostrar como eles foram

e Parson (1998); McComas (1998a e 1998b); McComas e Olson (1998); McComas *et al.* (1998); Meitchtry (1998); Nott e Wellington (1998); Porlán e Rivero, (1998); Spector, Strong e La Porta (1998); Izquierdo, Sanmartí e Espinet (1999); Meitchtry (1999); Paixão e Cachapuz (1999); Cachapuz *et al.* (2000a, b y c); Irwin (2000); Campanario, Moya e Otero, (2001); Paixão e Cachapuz (2000b); ..

⁶ **Trabalhos em que se critica a visão individualista e elitista da ciência:**

Aikenhead (1984); Gagliardi e Giordan (1986); Penick e Yager (1986); Cleminson (1990); Hodson (1992a); e (1992b); Newton e Newton (1992); Stinner (1992); Carrascosa *et al.* (1993); Gil (1993); Guilbert e Meloche (1993); Ruggieri, Tarsitani e Vicentini (1993); Brickhouse (1994); Furió (1994); Gil (1994a); Lakin e Wellington (1994); Tobin, Tippins e Hook (1994); Abrams e Wandersee (1995); Fernández e Orozco (1995); Hewson, Kerby e Cook (1995); Orozco e Fernández (1995); Praia (1995); Gil (1996); Thomaz *et al.* (1996); Matthews (1997); Roth e Lucas (1997); Boersema (1998); Cobern e Loving (1998); Dawkins e Glathorn (1998); Hammerich (1998); Lederman e Abd-El-Khalick (1998); Matson e Parsons (1998); McComas (1998 a e b); McComas e Olson (1998); Meitchtry (1998);

alcançados, não se referindo às frequentes confrontações entre teorias rivais, às controvérsias científicas, nem aos complexos processos de mudança.

6. Uma das visões deformadas mais frequentemente assinaladas pelos grupos de professores, e também uma das mais tratadas na literatura⁷ é a que transmite uma **visão individualista e elitista** da ciência. Os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo, dos intercâmbios entre equipes... Em particular faz-se crer que os resultados obtidos por um só cientista ou equipe podem ser suficientes para verificar, confirmando ou refutando, uma hipótese ou toda uma teoria.

Muitas vezes insiste-se explicitamente em que o trabalho científico é um domínio reservado a minorias especialmente dotadas, transmitindo-se assim expectativas negativas à maioria dos alunos, com claras discriminações de natureza social e sexual (a ciência é apresentada como uma atividade eminentemente “masculina”).

Contribui-se, além do mais, para esse elitismo escondendo o significado dos conhecimentos por meio de apresentações exclusivamente operativas. Não se faz um esforço para tornar a ciência acessível (começando com tratamentos qualitativos, significativos), nem para mostrar o seu carácter de construção humana, em que não faltam hesitações nem erros, situações *semelhantes* às dos próprios alunos.

Em alguns casos deparamo-nos com uma visão deformada de sinal oposto que encara a atividade científica como algo simples, próximo do senso comum, esquecendo que a construção científica parte, precisamente, do questionamento sistemático do óbvio (Bachelard, 1938) e contra o senso comum.

7. Por último, referimo-nos à visão deformada que transmite uma imagem descontextualizada, **socialmente neutra da ciência**: esquecem-se as complexas relações entre ciência, tecnologia, sociedade (CTS) e proporciona-se uma imagem deformada dos cientistas como seres “*acima do bem e do mal*”, fechados em torres de marfim e alheios à necessidade de fazer opções. Embora, nos últimos anos, os meios de comunicação social frequentemente tenham feito eco de notícias acerca de, por exemplo, problemas do meio ambiente provocados por determinados desenvolvimentos científicos, não submetidos ao “princípio de prudência”, temos podido constatar que uma elevada percentagem de professores não tem em consideração essa dimensão da atividade científica. Isso é particularmente notório

Nott e Wellington (1998); Porlán e Rivero, (1998); Spector, Strong e La Porta (1998); Sutton (1998); Yerrick, Pedersen e Arnason (1998); Meitchtry (1999); Paixão e Cachapuz (1999); Praia e Coelho (1999); Sanmartí e Tarín (1999); Paixão e Cachapuz (2000b); Campanario, Moya e Otero, (2001).

⁷ **Trabalhos que se referem a uma visão descontextualizada e socialmente neutra do trabalho científico:**

Aikenhead (1984); Gagliardi e Giordan (1986); Brush (1989); Cleminson (1990); García Cruz (1991); Gaskell (1992); Hodson (1992a e 1992b); Linder (1992); Carrascosa *et al.* (1993); Gil (1993); Guilbert e Meloche (1993); Ruba e Harkness (1993); Ruggieri, Tarsitani e Vicentini (1993); Acevedo (1994); Brickhouse (1994); Furió (1994); Gil (1994a); Abrams e Wandersee (1995); Fernández e Orozco (1995); Orozco e Fernández (1995); Gil (1996); Thomaz *et al.* (1996); Campos e Cachapuz 1997; Matthews (1997); Boersema (1998); Cobern e Loving (1998); Dawkins e Glatthorn (1998); Lederman e Abd-El-Khalick (1998); Matson e Parsons (1998); McComas (1998a e 1998b); McComas e Olson (1998); McComas *et al.* (1998); Meitchtry (1998); Nott e Wellington (1998); Paixão e Cachapuz 1998b; Porlán e Rivero, (1998); Spector, Strong e La Porta (1998); Sutton (1998); Yerrick, Pedersen e Arnason (1998); Izquierdo, Sanmartí e Espinet (1999); Lederman (1999); Meitchtry (1999); Praia e Coelho (1999); Sanmartí e Tarín (1999); Glasson e Bentley (2000); Cachapuz *et al.* (2000 a, b y c); Paixão e Cachapuz (2000b); Paixão e Cachapuz (2001);

no que se refere às atividades utilizadas para avaliar a aprendizagem nesse âmbito, o que definitivamente mostra a pouca importância que se lhes concede (Alonso, Gil e Martínez Torregrosa, 1992). A avaliação de atitudes é, quase sempre, esquecida, senão mesmo ignorada.

Não obstante, assinalemos que alguns dos currículos do ensino secundário começam a incluir um maior número de referências às implicações CTS dos desenvolvimentos científicos e, conseqüentemente, permitem abrir espaços de debate e discussão, nomeadamente em torno de questões éticas – uma necessidade emergente da própria educação em Ciência (Cachapuz *et al.*, 2000, no prelo).

Essas são, em síntese, as sete grandes visões deformadas que encontramos tratadas na literatura e que são mencionadas como fruto da reflexão e (auto)crítica dos grupos de professores. São também as visões deformadas que vimos refletidas na docência num estudo que utilizou cerca de 20 situações empírico-experimentais (Fernández, 2000).

É preciso chamar a atenção para o fato de essas visões deformadas não constituírem uma espécie de “sete pecados capitais” diferentes e autônomos; antes, pelo contrário, é lógico supor que se existe uma série de visões deformadas acerca da ciência, essas visões não constituem concepções absolutamente autônomas, mas, como se demonstrou em relação aos preconceitos dos estudantes num determinado domínio (Driver e Oldham, 1986), formarão um esquema conceptual relativamente integrado. Parece razoável, por exemplo, que uma visão individualista e elitista da ciência apóie implicitamente a idéia empirista de “descoberta” e contribua, além do mais, para uma leitura descontextualizada e socialmente neutra da atividade científica (realizada por “gênios” solitários). Do mesmo modo, para citar outro exemplo, uma *visão rígida*, algorítmica e exata da ciência pode reforçar uma interpretação acumulativa e linear do desenvolvimento científico, ignorando as crises, as controvérsias e as revoluções científicas.

Assim, essas concepções aparecem associadas entre si, como expressão de uma imagem global ingênua da ciência que se foi decantando, passando a ser socialmente aceite. De fato, essa imagem típica da ciência parece ter sido assumida por autores do campo da educação, que criticam como características da ciência aquilo que são apenas visões deformadas da mesma. Assim, por exemplo, Kemmis e McTaggart (1982) (citado por Hodson, 1992a) criticam a “investigação convencional” (ou “acadêmica”), o seu carácter “neutral”, a sua preocupação exclusiva em “acumular conhecimentos” (sem atenção à “melhoria da prática”), a sua limitação a “um mero procedimento de *resolução* de problemas” (esquecendo a *formulação* dos mesmos) etc. etc. Kemis e McTaggart insistem reiteradamente na sua crítica à investigação acadêmica, atribuindo-lhe deformações e reducionismos que os autores dão como certo corresponder ao chamado “método científico” utilizado pelas “ciências da natureza”.

Também, entre alguns investigadores em Didática das Ciências (e, ainda, cientistas das designadas ciências “duras”) parece aceitar-se que a ciência clássica seria puramente analítica, “neutra” etc. Já não se trata de dizer que o ensino tenha transmitido essas concepções reducionistas e empobrecedoras, senão que a ciência clássica teria esses defeitos (García, 1995). Essa é uma leitura, quanto a nós, incorreta. Com efeito, como pode afirmar-se que a ciência clássica é - como é costume dizer-se - puramente analítica, se o seu primeiro edifício teórico significou a integração de dois universos considerados essencialmente diferentes, derrubando a suposta barreira entre o mundo celeste e o subllunar? Uma integração que, além do mais, implicava desafiar dogmas, tomar partido

pela liberdade de pensamento, correr riscos de condenações, de inclusão no *Index Librorum Prohibitorum...* e outros mais graves. E não é só a mecânica: toda a ciência clássica pode interpretar-se como a superação de supostas barreiras, a integração de domínios separados (pelo sentido do senso comum e pelos dogmas). Pensemos na teoria da evolução das espécies; na síntese orgânica (no séc. XIX aceitava-se ainda a existência de um “elemento vital” e negava-se a possibilidade de sintetizar compostos orgânicos!); no eletromagnetismo, que mostrou os vínculos entre eletricidade, magnetismo e óptica; nos princípios de conservação e transformação da massa e da energia, aplicáveis a qualquer processo (Gil *et al.*, 1991); em toda a controvérsia que atravessa a 1ª metade do século XX entre fixistas e mobilistas até à complexa aceitação, pela comunidade científica, da tectônica global, como paradigma das Ciências da Terra. Onde está o caráter puramente analítico? Onde está o caráter neutro e asséptico da ciência? Há que reconhecer que, pelo menos, nem toda a ciência clássica foi assim. Parece mais apropriado, pois, falar de visões (ou, em todo caso, de tendências) deformadas da ciência, do que atribuir essas características a toda a ciência clássica.

As concepções dos docentes sobre a ciência seriam, pois, expressões dessa visão comum que os professores de ciências aceitariam implicitamente devido à falta de reflexão crítica e a uma educação científica que se limita, com frequência, a uma simples transmissão de conhecimentos já elaborados – retórica de conclusões. Isso não só secundariza as características essenciais do trabalho científico, mas também contribui para reforçar algumas visões deformadas, como o suposto caráter “exato” (logo dogmático) da ciência, ou a visão aproblemática etc. Desse modo, a imagem da ciência que os professores (e muitos cientistas) possuem diferencia-se *pouco*, ou melhor, não suficientemente, das que podem ser expressas por qualquer cidadão, e afasta-se das concepções atuais sobre a natureza da ciência. Mas, quais são essas concepções atuais da natureza da ciência e do trabalho científico?

A nossa hipótese, que já explicitamos na introdução deste trabalho, é que a leitura dos textos escritos por diferentes epistemólogos contemporâneos mostra – apesar das diferentes terminologias, variações e divergências em aspectos concretos etc.- um consenso básico numa série de elementos-chave que configuram uma imagem da ciência radicalmente oposta à das visões deformadas estudadas. Resumiremos, pois, esse consenso na seção seguinte.

3. Características essenciais do trabalho científico

Já fizemos referência ao fato da natureza do trabalho científico ter dado lugar a sérios debates, nos quais se manifestam notórias discrepâncias e mesmo divergências entre filósofos da ciência (Popper, 1962; Kuhn, 1971; Bunge, 1976; Toulmin, 1977; Lakatos, 1982; Laudan, 1984; Feyerabend, 1989...). Isto dá origem, por vezes, a uma certa perplexidade entre os professores e investigadores em Didática das Ciências e leva a questionar se faz sentido falar de *uma* concepção correta de ciência e se vale, pois, a pena incluir a filosofia da ciência nos programas de formação de professores (Martín, Kass e Brouwer, 1990; Stinner, 1992; Alters, 1997). Existem, sem dúvida, alguns aspectos essenciais em que se verifica um amplo consenso e que convém destacar, evitando-se que variações e divergências ocultem o que há de comum nas diferentes abordagens, situação particularmente importante e necessária em Educação em Ciência. No fundo, trata-se de evitar que algumas árvores nos impeçam de ver a floresta. Podemos resumir assim os pontos de consenso:

1. Em primeiro lugar temos de referir a **recusa da idéia de “Método Científico”**, com maiúsculas, como um conjunto de regras perfeitamente definidas a aplicar de uma forma mecânica e independentemente do domínio investigado. Tal como diz Bunge (1980): *“A expressão (método científico) engana, pois pode induzir a crença de que o método consiste num conjunto de receitas exaustivas e infalíveis...”*. Contudo existem métodos. Se há algo de fecundo a relevar na história da construção do conhecimento científico, é precisamente o pluralismo metodológico.

2. Em segundo lugar há que realçar a recusa generalizada daquilo que Piaget (1970) denomina *“o mito da origem sensorial dos conhecimentos científicos”*, isto é, a **recusa de um empirismo que concebe os conhecimentos como resultados da inferência indutiva a partir de “dados puros”**. Esses dados não têm sentido em si mesmos, pelo que requerem ser interpretados de acordo, ou melhor, à luz de um sistema teórico. Assim, por exemplo, quando se utiliza um amperímetro, não se observa a intensidade da corrente, mas o simples desvio de uma agulha (Bunge, 1980). Insiste-se, por isso, em que toda a investigação e procura de dados vêm marcados por referentes teóricos - paradigma, numa terminologia de sentido kuhniano - ou seja, por visões coerentes e articuladas, aceites pela comunidade científica e que orientam, pois, a investigação.

É preciso insistir na importância dos paradigmas conceptuais e das teorias, como origem e fim do conhecimento científico (Bunge, 1976), num processo complexo, não redutível a um modelo definido de mudanças científicas (Estany, 1990), que inclui eventuais rupturas, mudanças revolucionárias (Kuhn, 1971) do paradigma vigente num determinado domínio e o aparecimento de novos paradigmas teóricos. É, também, necessário insistir em que os problemas científicos constituem, inicialmente, “situações problemáticas” confusas: o problema não é dado, sendo necessário formulá-lo de forma precisa, modelando a situação, fazendo determinadas opções de forma a simplificá-lo para o podermos abordar, clarificando o objetivo, a metodologia, ... Tudo isso deverá ser feito partindo do corpo de conhecimentos que se possui no campo específico em que se desenvolve o programa de investigação (Lakatos, 1989).

3. Em terceiro lugar há que **destacar o papel atribuído pela investigação ao pensamento divergente**, que se concretiza em aspectos fundamentais e erradamente relegados para concepções empírico-indutivas, como são a colocação de hipóteses e de modelos ou a própria concepção de experiências. Desse modo, não se raciocina em termos de certezas, mais ou menos baseadas em “evidências”, mas em termos de hipóteses, que se apóiam, é certo, nos conhecimentos adquiridos (e não só), mas que são abordadas como simples “tentativas de resposta” que serão postas à prova da forma mais rigorosa possível, o que dá lugar a um processo complexo em que não existem princípios normativos, de aplicação universal para a aceitação ou recusa de hipóteses ou, mais geralmente, para explicar as mudanças nos conhecimentos científicos (Giere, 1998). Embora a obtenção da evidência experimental em condições bem definidas e controladas ocupe um lugar central na investigação científica, é preciso relativizar o seu papel, pois só tem sentido, insistimos, em relação às hipóteses a comprovar ou a refutar e aos dispositivos concebidos para tal efeito. Nas palavras de Hempel (1976), *“não se chega ao conhecimento científico aplicando um procedimento indutivo deduzido de dados recolhidos anteriormente, mas sim mediante o chamado método das hipóteses como tentativas de resposta a um problema em estudo e submetendo estas a prova”*. São, pois, as hipóteses que orientam a procura de dados. Hipóteses que, por sua vez, nos remetem

para o paradigma conceptual de partida, pondo de novo em evidência o *erro* subjacente às concepções empírico-indutivistas. Faz-se notar que, neste ponto, nos situamos unicamente no designado contexto de justificação.

4. Outro ponto fundamental é a **procura de coerência global** (Chalmers, 1992). O fato de trabalharmos a partir de hipóteses introduz exigências suplementares de rigor: é preciso duvidar sistematicamente dos resultados obtidos e de todo o processo seguido para os obter, o que conduz a revisões contínuas na tentativa de obter esses mesmos resultados por diferentes caminhos e, muito particularmente, para mostrar coerência com os resultados obtidos noutras situações. É necessário chamar aqui a atenção para as interpretações simplistas dos resultados das experiências e para um possível “reducionismo experimentalista”: não basta um tratamento experimental para refutar ou comprovar - nem sequer provisoriamente - uma hipótese; trata-se sobretudo da existência, ou não, de coerência global com o corpo de conhecimentos vigente.

De fato, um dos fins mais importantes da ciência assenta no estabelecimento de laços entre domínios aparentemente sem conexão. Com efeito, num mundo em que é saliente a existência de uma grande diversidade de materiais e de seres submetidos a contínuas mudanças, a ciência procura estabelecer teorias gerais que sejam aplicáveis ao estudo do maior número possível de fenômenos. A teoria atômico-molecular da matéria, a síntese eletromagnética, os princípios de conservação e transformação, a teoria da tectônica global, ou seja, os esforços que se realizam para unificar os diferentes tipos de interação existentes na natureza etc., são bons exemplos dessa busca de coerência e de globalidade, ainda que isso se deva realizar a partir de problemas e de situações particulares (inicialmente) concretas. Deste modo, o processo que conduz ao desenvolvimento científico tem por finalidade estabelecer, ainda que tentativamente, generalizações aplicáveis à natureza. É precisamente essa exigência de aplicabilidade, de *um funcionamento correto* para descrever fenômenos, realizar previsões, abordar e estabelecer novos problemas etc., que confere crescente validade (não certa ou carácter de verdade inquestionável) aos conceitos e teorias. Estas são, pois, fundamentadamente criadas e mesmo, muitas vezes, construídas criativamente para serem objeto de questionamento, se submeterem ao confronto com o real e se sujeitarem à falsificabilidade.

5. Finalmente, é preciso **compreender o carácter social do desenvolvimento científico**, posto em evidência não só através do fato de o ponto de partida, um dado paradigma vigente, ser a síntese dos contributos de gerações de investigadores mas, também, pelo fato da investigação cada vez mais dar resposta a questões colocadas pelas instituições (Bernal, 1967; Kuhn, 1971; Sutton, 19989; Matthews, 1991, 1994 e 1998), nas quais o trabalho de cada um é orientado pelas linhas de investigação estabelecidas, pelo trabalho da equipe de que fazem parte não fazendo sentido a idéia de investigação completamente autónoma. Além disso, o trabalho dos homens e mulheres de ciência - como qualquer outra atividade humana - não tem lugar à margem da sociedade em que vivem mas é, necessariamente, influenciado pelos problemas e circunstâncias do momento histórico, sem que isto faça supor que se caia num relativismo ingênuo incapaz de explicar os êxitos do desenvolvimento científico-tecnológico (Giere, 1988). Do mesmo modo, a ação dos cientistas tem uma clara influência sobre o meio físico e social em que se insere. Assinalar isso pode parecer supérfluo; no entanto, a idéia de que fazer ciência não é mais do que uma tarefa de “gênios solitários” que se encerram numa torre de marfim, desligados da realidade, constitui uma imagem típica muito difundida que o ensino das ciências, lamentavelmente, não ajuda a superar, dado que se limita a uma transmissão de conteúdos conceptuais e,

no fundo, ao treino de algumas destrezas, deixando de lado os aspectos históricos, sociais, culturais, políticos, que caracterizam o trabalho científico no seu contexto, bem como o desenvolvimento científico.

Cria-se assim uma imagem imprecisa e nebulosa da metodologia científica - distante da idéia de algoritmo - em que nada garante que se chegue a um bom resultado, mas que representa, sem dúvida, a melhor forma de orientar o tratamento de um problema científico (como atestam os impressionantes edifícios teóricos construídos).

Em síntese, pode dizer-se que a essência da orientação científica - deixando de lado toda a idéia de “o método” - se encontra na mudança de um pensamento, atitude e ação, baseados nas “evidências” do senso comum, para um raciocínio em termos de hipótese, por sua vez mais criativo (é necessário ir mais além do que parece evidente e imaginar novas possibilidades) e mais rigoroso (é necessário fundamentar e depois submeter as hipóteses à prova cuidadosamente, isto é, confrontar com o mundo, duvidar dos resultados e procurar a coerência global).

É preciso ter presente que uma característica essencial de uma aproximação científica é a vontade explícita de simplificação e de controle rigoroso em condições pré-estabelecidas (o que não quer dizer que se o consiga), circunstâncias que introduzem elementos confirmadamente artificiais que não devem ser ignorados nem ocultados: os cientistas *decidem* abordar problemas resolúveis e começam, para isso, *ignorando* consciente e voluntariamente muitas das características das situações estudadas, o que os “afasta” da realidade; e continuam a afastar-se mediante o que se deve considerar, sem dúvida, a essência do trabalho científico: a *invenção* de hipóteses, a construção de modelos *imaginários e idealizados* (gases ideais, estrutura da Terra, ...). O trabalho científico exige, pois, tratamentos analíticos, simplificadores, artificiais. Mas não supõe, como por vezes se critica, cair necessariamente em visões parciais e simplistas: na medida em que se trata de análises e simplificações conscientes, tem-se presente a necessidade de síntese e de estudos de complexidade crescente. Pensemos, por exemplo, que o estabelecimento da unidade da matéria - que constitui um claro apoio a uma visão global, não parcial - é uma das maiores conquistas do desenvolvimento científico dos últimos séculos: os princípios de conservação e de *transformação* da matéria e da energia foram estabelecidos, respectivamente, nos séculos XVIII e XIX, e foi só nos finais do séc. XIX que se estabeleceu a fusão de três domínios aparentemente autônomos - electricidade, óptica e magnetismo - na teoria eletromagnética, abrindo um enorme campo de aplicações que continua a revolucionar o nosso dia-a-dia. Não se deve esquecer que esses processos de unificação exigiram, com frequência, atitudes críticas pouco cômodas, que tiveram de vencer fortes resistências ideológicas e inclusive perseguições e condenações, como nos casos bem conhecidos do heliocentrismo e do evolucionismo. A história do pensamento científico é uma constante (con)afirmação de que essa é a forma mais correta de fazer ciência, *aprofundando* o conhecimento da realidade em campos definidos, limitados; é esse aprofundamento que permite chegar ao estabelecimento de laços entre campos aparentemente desligados.

Por outro lado, é fácil constatar que a imagem da ciência que esses pontos de consenso configuram resulta de um conjunto de simplificações e visões deformadas que analisamos na seção anterior. De fato, quando se apresenta aos grupos de professores um resumo como o que acabamos de fazer, todos assinalam de maneira precisa como o referido texto *evita cair em* cada uma das visões deformadas. Isso reforça, sem dúvida alguma, a validade de ambas as aproximações e contribui para garantir o esforço de clarificação

PARA UMA IMAGEM NÃO DEFORMADA

realizado pelos referidos grupos de professores que descrevemos com detalhes noutros trabalhos (Fernández, 2000; Gil, Fernández e Carrascosa, 2000). Mas que interesse pode ter esse esforço de clarificação? Quais são as suas implicações para uma melhor educação científica? Abordaremos sumariamente - por razões de espaço - essa questão essencial na última seção.

4. Algumas implicações para o ensino das ciências

Conseguir uma melhor compreensão do trabalho científico tem, em si mesmo, um indubitável interesse, em particular para os que são responsáveis, em boa medida, pela educação científica de futuros cidadãos de um mundo marcado pela ciência e pela tecnologia. No entanto, convém recordar que, como assinalam Guilbert y Meloche (1993), *“Uma melhor compreensão da parte dos docentes sobre as formas de construção do conhecimento científico (...) não é um debate unicamente teórico, mas também eminentemente prático”*. Trata-se, pois, de fazer com que os grupos de professores compreendam melhor a importância prática do trabalho realizado para a *atividade docente* e possam retirar o maior proveito do mesmo. Para isso planejamos para os grupos de trabalho de professores atividades como a que apresentamos a seguir, a título de exemplo:

“De acordo com a clarificação da natureza do trabalho científico a que procedemos, estamos em situação de perguntar o que queremos potenciar no trabalho dos nossos alunos e alunas e também analisar se nos nossos materiais didáticos (ou nos de outros colegas) se ignora algum aspecto básico e se transmite desse modo uma visão deformada da ciência. Trata-se, definitivamente, de elaborar uma rede conceptual ou mesmo um guião para orientar o plano das atividades (ou para facilitar a sua análise), cujos itens recolham todos aqueles aspectos que consideramos convenientes para não cair em visões simplistas da ciência.”

Cabe esperar que, realizado esse trabalho de clarificação, os grupos de professores façam propostas que se afastem dos habituais reducionismos e incluam aspectos que diversas linhas de investigação tenham assinalado como fundamentais para favorecer uma aprendizagem significativa das ciências, isto é, para favorecer a construção de conhecimentos científicos. Esperamos mais concretamente, que façam alguma referência aos aspectos referidos no quadro 1 (Gil, 1993). Os resultados que obtivemos em todas as ocasiões em que já apresentamos esta atividade mostram que os diferentes aspectos registados nesse quadro são, efetivamente, contemplados pelos participantes neste tipo de trabalhos de investigação (orientada).

Resultados similares obtêm-se quando, em vez de perguntar o “que queremos potenciar no trabalho de nossos alunos e alunas”, solicitarmos uma reflexão centrada na avaliação (Gil e Martínez Torregrosa, 1999). Naturalmente que os aspectos agora recolhidos apenas diferem dos considerados quando centramos a nossa atenção no currículo, pois que ao avaliar se realça aquilo a que se atribui realmente importância. Mediante atividades como esta, os professores fazem sua a necessidade de incluir nos seus materiais, nas atividades que propõem para o trabalho na aula, ou nos exercícios de avaliação, aspectos que enriquecem o processo de ensino/aprendizagem das ciências e que rompem com os habituais reducionismos.

O fato de vários grupos de trabalho de professores considerarem conveniente introduzir no ensino das ciências aspectos como os contemplados no quadro 1 é um exemplo da incidência positiva que pode ter a clarificação da natureza da ciência e do trabalho científico. Não pretendemos dizer, evidentemente, que isso baste para orientar corretamente o processo de ensino/aprendizagem das ciências, mas pensamos que constitui uma valiosa e determinante contribuição - um requisito *sine qua non* (Hodson, 1993; Tobin, Tippins e Hook, 1994; Eichinger, Abell e Dagher, 1997; Lyons, Freitag e Hewson, 1997; Desautels e Larochelle, 1998a,b; Teodoro e Nardi, 2000) e que, por outro lado, facilita a assunção das propostas derivadas de outras linhas de investigação didática, como as relativas à forma de orientar as práticas experimentais/laboratoriais/de campo, a resolução de problemas com papel e lápis ou a avaliação (Gil, Furió *et al.*, 1999).

Quadro 1 – Aspectos a incluir no currículo de ciências para favorecer a construção de conhecimentos científicos

1. Apresentam-se **situações problemáticas abertas** (com o objetivo de os alunos poderem tomar decisões para as estudar) de um nível de dificuldade adequado (correspondem à sua *zona de desenvolvimento potencial*)?

2. Planifica-se uma reflexão sobre o possível **interesse das situações** propostas que dê sentido ao seu estudo (considerando a sua relação com o programa geral de trabalho adotado, as possíveis implicações CTS etc.)?

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

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

Mostra-se, por outro lado, o papel essencial das matemáticas como instrumento de investigação, que intervém desde a formulação do próprio problema à análise dos resultados, sem cair em operativismos cegos?

4. Perspectiva-se a **formulação de hipóteses**, fundamentadas nos conhecimentos disponíveis, susceptíveis de orientar o tratamento das situações e explicitam-se, funcionalmente, os preconceitos? Nesse sentido presta-se atenção à atualização dos conhecimentos que constituam pré-requisitos para o estudo a empreender?

Propõe-se, pelo menos, a modificação de alguma das hipóteses?

Dá-se atenção aos preconceitos (encarados como hipóteses)?

5. Planeja-se a **formulação de estratégias** (no plural), incluindo, neste caso, dispositivos experimentais? Pede-se, pelo menos, a avaliação crítica de alguma estratégia etc.?

Presta-se atenção à atividade prática em si mesma (montagens, medidas, ...)?

Potencia-se a incorporação da tecnologia atual nos dispositivos experimentais (computadores, electrónica, automação, ...) com o objetivo de favorecer uma visão mais correta da atividade científico-técnica contemporânea?

6. Esboça-se a **análise atenta dos resultados** (a sua interpretação física, fiabilidade, etc.) à luz do corpo de conhecimentos disponíveis, das hipóteses consideradas e/ou dos resultados de outros autores?

Está prevista alguma reflexão sobre os possíveis conflitos entre alguns dos resultados e as concepções iniciais?

Favorece-se a “auto-regulação” do trabalho dos alunos?

Criam-se condições para que os alunos comparem a sua evolução conceptual e metodológica com a evolução experimentada historicamente pela comunidade científica?

PARA UMA IMAGEM NÃO DEFORMADA

7. Têm-se em consideração possíveis **perspectivas** (redefinição do estudo a um outro nível de complexidade, problemas derivados, ...)?

Em particular, consideram-se as **implicações CTS** do estudo realizado (possíveis aplicações, repercussões negativas, ...)?

Pede-se a elaboração de “produtos” (cartazes, coleções de objetos...)?

8. Pede-se **um esforço de integração** que tenha em conta a contribuição do estudo realizado para a construção de um corpo coerente de conhecimentos, as suas possíveis implicações noutros campos de conhecimentos etc.?

Pede-se algum trabalho de síntese, mapas e redes conceptuais, mapas semânticos etc., que relacionem diversos conhecimentos?

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

Planeja-se a elaboração de **memórias científicas** (descritivas) do trabalho realizado?

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

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

10. Potencia-se a **dimensão coletiva do trabalho científico** organizando grupo de trabalho e facilitando a interação entre esses grupos e a comunidade científica (representada na classe pelos restantes grupos, o corpo de conhecimentos já construído, os textos, o professor como perito, ...)?

Em particular, dá-se relevo ao fato de os resultados de uma só pessoa ou de um só grupo não serem suficientes para confirmar ou refutar uma hipótese?

Apresenta-se o corpo de conhecimentos (disponíveis) como a aceitação/validação do trabalho realizado pela comunidade científica e como expressão do consenso alcançado?

Referências bibliográficas

ABRAMS, E., WANDERSEE, J. H. How to infuse actual scientific research practices into science classroom instruction. *International Journal of Science Education*, v. 17, n. 6, p. 683-694, 1995.

ACEVEDO, J.A. Los futuros profesores de enseñanza secundaria ante la sociología y la epistemología de las ciencias: un enfoque C/T/S. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado* v. 19, p. 111-125, 1994.

AIKENHEAD, G.S. Teacher decision making: the case of prairie high. *Journal of Research in Science Education*, v. 21, p. 167-186, 1984.

ALONSO M., GIL D. e MARTÍNEZ TORREGROSA J. Concepciones espontáneas de los profesores de ciencias sobre la evaluación: obstáculos a superar y propuestas de replanteamiento. *Revista de Enseñanza de la Física*, v. 5, n. 2, p.18-38, 1992.

ALTERS, B.J. Whose nature of science? *Journal of Research in Science Teaching*, v. 34, n. 1, p. 39-55, 1997.

BACHELARD, G. *La Formation de L'esprit scientifique*. Paris: Vrin. 1938.

BELL, B. F., PEARSON, J. Better Learning. *International Journal of Science Education*, v. 14, n. 3, p. 349-361, 1992.

- BERNAL, J.D. *Historia social de la ciencia*. Barcelona: Península, 1967.
- BOERSEMA, D. The use of real and imaginary cases in communicating the nature of science course outline. In: McComas, W. F. (Ed.). *The nature of science in science education: rationales and estrategias*. Netherland: Kluwer Academic Publishers. 1998.
- BOTTON, C., BROWN, C. The reliability of some VOSTS items when used with preservice secondary science teachers in England. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 35, n. 1, p. 53-71, 1998.
- BRICKHOUSE, N. W. Childrens observations, ideas and the developement of classroom: theories about light. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 31, n. 6, p. 639-656,1994.
- BRICKHOUSE, N. W. Teachers´ beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, v. 41, n. 3, p. 53-62, 1990.
- BRICKHOUSE, N. W. The teaching of the philosophy of science in secondary lassrooms: Case studies of teachers´ personal theories. *International Journal of Science Education*, n. 11, p. 437-449, 1989.
- BRICKHOUSE, N. W., BODNER, G.M. The beginning science teacher: classroom narratives of convictions and constraints. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 29, n. 5, p. 471-485,1990.
- BRISCOE, C. The Dynamic Interactions Among Beliefs, Role Metaphors, and Teaching Practices: A case study of teacher change. *Science Education*, v. 75, n. 2, p. 185-199,1991.
- BRISCOE, C. Using cognitive referents in making sense of teaching: a chemistry teacher´s struggle to change assessment practices. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 30, p. 971-987, 1993.
- BRISCOE, C., PETERS, J. Teacher collaboration across and within schools: Supporting individual change in elementary science teaching. *Science Education*, v. 81, n. 1, p. 51-65,1997.
- BRONOWSKI, J. *The creative process. In Scientific genius and creativity: readings from scientific american*. New York: Freeman. 1987, p. 1-8
- BRUSH, S.G. History of science and science education. *Interchange*, v. 20, p. 60-71, 1989.
- BUNGE, M.. *Filosofía de la Física*. Barcelona: Ariel, 1976.
- BUNGE, M.. *Epistemología*. Barcelona: Ariel, 1980.
- BURBULES, N., LINN, M.. Science education and philosophy of science: congruence or contradiction? *International Journal of Science Education*, v. 13, n. 3, p. 227-241, 1991.
- CACHAPUZ, A. Filosofia da Ciência e Ensino da Química: repensar o papel do trabalho experimental. In: Congresso Las Didácticas Específicas en la Formación del Profesorado – Didáctica de las Ciencias Experimentales,1, 1992, Santiago de Compostela. *Actas* p. 357-364.
- CACHAPUZ, A. F., 1995a. Da investigação sobre e para professores à investigação com e pelos professores de ciências. In: *La formación del profesorado de ciencias y matemáticas en España y Portugal*. Badajoz: Departamento de Didáctica de las ciencias Experimentales y de las Matemáticas. Facultad de Educación. Universidad de Extremadura.

- CACHAPUZ, A. O Ensino das Ciências para a Excelência das Aprendizagens. In: CARVALHO, A. D. (Org.). *Novas Metodologias em Educação*. Porto: Porto, p. 349-385, 1995.
- CACHAPUZ, A. *et al.* Uma visão sobre o ensino das ciências no pós-mudança conceptual: contributos para a formação de professores. *Inovação*, v. 2 /3, 2000, p. 117-137.
- CACHAPUZ, A., PRAIA, J., JORGE M.. Perspectivas de Ensino. In: CACHAPUZ, A. (Org.) *Formação de professores Ciências, n. 1*. Porto: Centro de Estudos em Educação em Ciência. 2000.
- CACHAPUZ, A., PRAIA, J., 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, n. 1, p. 69-79, 2000.
- CACHAPUZ, A., PRAIA, J., JORGE, M. (no prelo). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.
- CAMPANARIO, J. M., MOYA, A., OTERO, J. C. Invocaciones y usos inadecuados de la ciencia en la publicidad. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 19, n. 1, p. 45-56, 2001.
- CAMPOS, C., CACHAPUZ, A. Imagens de Ciência em manuais de química portugueses. *Química Nova*, v. 6, p. 23-29, 1997.
- CARRASCOSA, J. *et al.* Análisis de algunas visiones deformadas sobre la naturaleza de la ciencia y las características del trabajo científico. *Enseñanza de las Ciencias*. v. extra, p. 43-46, 1993.
- 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, n. 5, p. 429- 445, 1990.
- COBERN, W. W. The nature of science and the role of knowledge and belief.. *Science & Education*, v. 9, n. 3, p. 219-246, 2000.
- COBERN, W. W., LOVING, C. The card exchange introducing the philosophy of science. In: McComas, W. F. (Ed) *The nature of science in science education. rationales and strategies*. Netherland: Kluwer Academic Publishers. 1998.
- DAWKINGS, K. R., GLATTHORN, A. A. Using historical case studies in biology to explore the nature of science: a professional development program for high school teachers. In: McComas, W. F. (Ed). *The nature of science in science education. rationales and strategies*. Netherland: Kluwer Academic Publishers. 1998.
- DÉSAUTELS, J., LAROCHELLE, M. About the epistemological posture of science teachers. In: TIBERGHIE, A., JOSSEM L., BAROJAS, J. (Eds). *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education* (ICPE Books). 1998.
- DÉSAUTELS, J., LAROCHELLE, M. The epistemology of students: The “thingified” nature of scientific knowledge. In: FRASER, B, TOBIN, K. (Eds) *International Handbook of Science Education*. London: Kluber. 1998.

- DÉSAUTELS, J. *et al.* La formation a l'enseignement des sciences: le virage épistémologique. *Didaskalia*, v. 1, p. 49-67, 1993.
- DRIVER R, OLDHAM V. A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, v. 13, p.105-122. 1986.
- DUSCHL, R. A. Research on the history and philosophy of science. In *Gabel, D. (ed), Handbook of Research on Science Teaching and Learning. New York: McMillan*, p. 445-455, 1994.
- DUSCHL, R. A., WRIGHT, E. A case study of high school teachers' decision making models for planning and teaching science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 26, p. 467-501, 1989.
- EICHINGER, D. C., ABELL, S. K., DAGHER, Z. R. Developing a graduate level science education course on the nature of science. *Science & Education*, v. 6, p. 417-429, 1997.
- ESTANY, A. *Modelos de cambio científico*. Barcelona: Editorial critica, 1990
- FERNÁNDEZ, I. Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: una propuesta de transformación. 2000. Tesis (Doctotal) - Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universidad de Valencia. Valencia.
- FERNÁNDEZ, I., OROZCO, A. La transformación de las concepciones espontáneas sobre la ciencia. 1995. Tesis (de Tercer Ciclo) - Universidad de Valencia: Valencia.
- FEYERABEND, P. *Contra el Método*. Barcelona: Ariel. 1989.
- FILLON, P. Histoire des sciences et reflexion epistemologiques des élèves. *Aster*, v. 12, p. 91-120, 1991.
- FRASER, B. J., TOBIN, K. G. *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publishers. 1998.
- FURIÓ, C. Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 12, n. 2, p. 188-199. 1994.
- GABEL, D.L *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: Mcmillan. 1994.
- GAGLIARDI, R., GIORDAN, A. La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, v. 4, n. 3, p. 253-258, 1986.
- GALLAGHER, J. J. Perspective and practicing secondary school science teachers knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science Education*, v. 75, n. 1, p 121-133, 1991.
- GARCIA CRUZ, C. M., 1991, La historia de la ciencia en la futura enseñanza secundaria: reflexiones en torno al diseño curricular base. *Enseñanza de las ciencias*, v. 10, n. 1, p. 115-117. 1991.
- GARCÍA DIAZ, J. E. *Epistemología de la complejidad y enseñanza de la ecología. El concepto de ecosistema en la Enseñanza Secundaria*. 1995. Tesis (Doctoral) - Universidad de Sevilla, Sevilla.

- GASKELL, P. J. Authentic science and school science. *International Journal of Science Education*, v. 14, n. 3, p. 265-272, 1992.
- GIERE R. N. *Explaining science: a cognitive approach*. Chicago: The University of Chicago Press. 1988.
- GIL, D. Contribución de la historia y la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 11, n. 2, p. 197-212, 1993.
- GIL, D. Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 12, n. 2, p. 154-164, 1994.
- GIL D. El currículo de ciencias en la educación secundaria: área o disciplinas?, ni lo uno ni lo otro, sino todo lo contrario. *Infancia y Aprendizaje*, v. 65, p. 19-30, 1994.
- GIL, D. *et al. La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria: ICE/Universidad de Barcelona*. Barcelona: Horsoni. 1991.
- GIL, D. New trends in science education. *International Journal in Science Education*, v. 18, n. 8, p. 889-901, 1996.
- GIL D. Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Enseñanza de las ciencias*, v. 17, n. 3, p. 503-512, 1999.
- GIL, D. Tres paradigmas básicos en la enseñanza de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, v 1, n. 1, p. 26-33, 1983.
- GIL, D., FERNÁNDEZ, I., CARRASCOSA, J. La transformación de las concepciones docentes espontáneas acerca de la ciencia. In: CARRETERO, M. (Ed). no prelo. Argentina. 2000.
- GIL D., MARTÍNEZ TORREGROSA, J. Cómo evaluar si se hace ciencia en el aula? *Alambique*, v. 20, p. 17-2, 1999.
- GUILBERT, L., MELOCHE, D. L'idée de science chez des enseignants en formation: un lieu entre l'histoire des sciences et l'hétérogénéité des visions? *Didaskalia*, v. 2, p. 7-30, 1993.
- GIORDAN A. Observation - Experimentation: mais comment les élèves apprennent-ils? *Revue Française de Pédagogie*, v. 44, p. 66-73, 1978.
- GIORDAN, A., DE VECCHI, G. *Les origines du savoir: des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Neuchatel: Delachaux & Niestlé. 1987. Traducción castellana: Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos. Sevilla: Diada. 1988.
- GLASSON, G. E., BENTELEY, M. L. Epistemological undercurrents in scientists' reporting of research to teachers. *Science Education*, v. 84, n. 4, p. 469-485, 2000.
- GOULD, S. J. *Time's arrow time's cycle*. Cambridge: Harvard University Press. 1987.
- HAMMER, D. Epistemological considerations in teaching introductory physics. *Science Education*, v. 79, n. 4, p. 393-413, 1995.

- HAMMERICH, P. L. *Confronting students' conceptions of the nature of science with cooperative controversy*. In: McComas W.F. (Ed). *The nature of science in science education. rationales and strategies*. Netherland: Kluwer Academic Publishers. 1998.
- HASHWEEH, M. Z. Effects of science teachers' epistemological beliefs in teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 33, n. 1, p. 47-63, 1996.
- HEMPEL, C. G. *Filosofía de la ciencia natural*. Madrid: Alianza. 1976.
- HEWSON, P. W., KERBY, H. W., COOK, P.A. Determining the conceptions of teaching science held by experienced high school science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 32, n. 5, p. 503-520, 1995.
- HODSON, D. Assessment of practical work: some considerations in philosophy of science. *Science Education*, v. 1, n. 2, p. 115-144, 1992.
- HODSON, D. Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, v. 12, p. 25-57, 1995.
- HODSON, D. In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, v. 14, p. 541-562, 1992.
- HODSON, D. Philosophy stance of secondary school science teachers, curriculum experiences and children's understanding of science: some preliminary findings. *Interchange*, v. 24, n. 1/2, p. 41-52, 1993.
- IRWIN, A. R. Historical case studies: teaching the nature of science in context. *Science Education*, v. 84, n. 1, p. 5-26, 2000.
- IZQUIERDO, M., SANMARTÍ, N., ESPINET, M. Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 17, n. 1, p. 45-59, 1999.
- JACOBY, B. A., SPARGO, P. E. Ptolomy revisited? the existence of a mild instrumentalism in some selected high school physical science textbooks. *Interchange*, v. 20, p. 33-53, 1989.
- JIMENEZ, ALEIXANDRE, M. P. La formación del profesorado de ciencias y matemáticas en España y Portugal: Departamento de Didáctica de las Ciencias, Universidad de Extremadura. 1995.
- KEMMIS, S., McTAGGERT, R. *The action research planner*. Geelong: Deakin University Press. 1982.
- KING, B.B. Beginning teachers knowledge of and attitude towards history and philosophy of science. *Science Education*, v. 75, n. 1, p. 135-141, 1991.
- KOBALLA, T. R., CRAWLEY, F. E., SHRIGLEY, R. L. A summary of research in Science Education. *Science Education*, v. 74, n. 3, p. 253-407, 1988.
- KOULAIDIS, V., OGBORN, J. Science teacher philosophical assumptions: how well do we understand them? *International Journal Science Education*, v. 17, n. 3, p. 273-283, 1995.

- KUHN, TH. S. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de cultura economica. 1971.
- LAKATOS, I. *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*. Madrid: Tecnos, 1982.
- LAKATOS, I. *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza. 1989.
- LAKIN, S., WELLINGTON, J. Who will teach the “nature of science”? teachers view of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education*, v. 16, n. 2, p. 175-190, 1994.
- LAUDAN, L. *Science and values: the aims of science and their role in the scientific debate*. Berkeley: University of California Press. 1984.
- LEDERMAN, N. G. Students’ and teachers’ conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 29, p. 331-359, 1992.
- LEDERMAN, N. G. Teachers’ understanding of nature of science and classroom practice: factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 36, n. 8, p. 916-929, 1999.
- LEDERMAN, N. G, ABD-EL-KHALICK, F. Avoiding de natured science: Activities that promote undstandings of the nature of science. In: MCCOMAS, W. F.(Ed). *The nature of science in science education. rationales and strategies*. Netherland: Kluwer Academic Publishers. 1998.
- LEMBERGER, J., HEWSON, P., PARK, H. Relationships between prospective secondary teachers’ classroom practice and their conceptions of Biology and teaching science. *Science Education*, v. 83, n. 3, p. 347-371, 1999.
- LINDER, C. J. Is teacher-reflected epistemology a source of conceptual difficulty in physics?. *International Journal of Science Education*, v. 14, n. 1, p. 111-121, 1992.
- LOVING, C. C. The Scientific Theory Profile: A Philosophy of Science models for Science Teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 28, n. 9, p. 823-838, 1991.
- LYONS, L. L., FREITAG, P. K., HEWSON, P. W. Dichotomy in thinking, dilema in actions: researcher and teacher perspectives on a chemistry teaching practice. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 34, n. 3, p. 239-254, 1997.
- MARTIN, B., KASS, H., BROUWER, W. Authentic Science: a diversity of meanings. *Science Education*, v. 74, n. 5, p. 541-554, 1990.
- MATSON, J. O. PARSON, S. The nature of science: achieving scientific literacy by doing science. In MCCOMAS, W. F. (Ed). *The nature of science in science education: rationales and estrategies*. Netherland: Kluwer Academic Publishers. 1998.
- MATTHEWS, M. R. Editorial. *Science and Education*, v. 6, p. 323-329, 1997.
- MATTHEWS, M. R. Foreword and introduction. In: MCCOMAS, W. F. (Ed). Science and Technology Education Library: *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*. Introduction. Netherland: Kluwer Academic Publisher. 1998.

- MATTHEWS, M. R. Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 12, n. 2, p. 255-277, 1994.
- MATTHEWS, M. R. Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las ciencias. *Comunicación, Lenguaje y Educación*. p. 11-12, 141-155, 1991.
- McCOMAS, W.F. A thematic introduction to the nature of science: the rationale and content of a course for science educators. In: McCOMAS W. F. (Ed). *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*. Netherland: Kluwer Academic Publisher. 1998.
- McCOMAS, W. F. The nature of science in science education. Rationales and Strategies. In: McCOMAS, W. F. (Ed). *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*. Netherland: Kluwer Academic Publishers. 1998.
- McCOMAS, W. F. The principal elements of the nature of science: dispelling the myths. In: McCOMAS, W. F. (Ed). *The Nature of Science in Science Sducation. Rationales and Strategies*. Netherland: Kluwer Academic Publishers. 1998.
- McCOMAS, W. F., CLOUGH, M. P., ALMAZROA, H. The role and character of the nature of science in science education. McComas, W. F. (Ed). *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*. Netherland: Kluwer Academic Publishers. 1998.
- McCOMAS, W. F., OLSON, J., 1998, The nature of science in international science education standarsdocuments. In W.F. McComas (Ed). *The Nature of Science in Science Education. Rationales and estrategias*. (Kluwer Academic Publishers. Netherland). 1998.
- MEICHTRY, Y. Elementary science teaching methods: Developing and measuring student view about the nature of science. In W.F. McComas (Ed). *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*. Netherland: Kluwer Academic Publishers. 1998.
- _____. The nature of science and scientific knowledge: implications for a preserve elementary methods course. *Science & Education*, v. 8, n. 3, p. 273-286, 1999.
- MELLADO, V. Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias en formación inicial de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 14, n. 3, p. 289-302, 1996.
- _____. Preservice teachers´ classroom practice and their conceptions of the nature of science. *Science Education*, v. 6, p. 331-354, 1997.
- _____. The classroom practice of preservice teachers and their conceptions of teaching and learning science. *Science Teacher Education*, v. 82, p. 197-214, 1998.
- MOSTERÍN, J. Prólogo al libro de Estany A., *Modelos de cambio científico*. Barcelona: Editorial Crítica. 1990.
- NADEAU, R.; DÉSAUTELS, J. *Epistemology and the teaching of science*. Ottawa: Science Council of Canada. 1984
- NEWTON, D. P.; NEWTON, L. D. Young children´s perceptions of science and scientist. *International Journal in Science Education*, v. 14, n. 3, p. 331-348. 1992.
- NOTT, M.; WELLINGTON, J. A programe for developing understanding of the nature of science in teacher education. In : W. F. McComas (Ed). *The nature of science in science education. Rationales and estrategias*. Netherland: Kluwer Academic Publishers. 1998.

- NUSSBAUM, J. Classroom conceptual change: philosophical perspectives. *International Journal in Science Education*, v. 11, Special Issue, p. 530-540. 1989.
- OROZCO, A.; FERNÁNDEZ, I. El problema de las concepciones espontáneas sobre la ciencia. Tesis de Tercer Ciclo. Universidad de Valencia: Valencia. 1995.
- OTERO, J. Assimilation problems in traditional representation of scientific knowledge. *European Journal of Science Education*, v.7, n. 4, p.361-369, 1985.
- PAIXÃO, M. F.; CACHAPUZ, A. *Da Construção do Conhecimento Didático na Formação de Professores de Ciências. Conservação da Massa nas Reações Químicas: estudo de índole epistemológica*. 1998. Tese (Doutorado) - Universidade de Aveiro, Aveiro. (no prelo).
- PAIXÃO, M. F.; CACHAPUZ, A. Challenges on science teacher education for the new century: an approach based on the epistemology of curricular theme. En la 24th ATEE Annual Conference. pro Leipzig. *Proceedings...* 2000. Disponível em: www.atee.org/html/conferences/leipzig/abstraxts7rcd2-paixao.html
- _____. Dimensión epistemológica de los programas de Física y Química e implicaciones en las prácticas de enseñanza: ¿Qué lectura hacen los profesores?. En Banet, E. Y De Pro, A. (Eds), *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*, v. 1, p. 284-293, 1998.
- _____. Formación epistemológica y cambio de imágenes de ciencia impartidas en el aula. *Revista de Educación en Ciencias / Journal of Science Education*, v.2, n. 1, p. 33-38, 2001.
- _____. La enseñanza de las ciencias y la formación de profesores de enseñanza primaria para la reforma curricular: de la teoría a la práctica. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 17, n. 1, p. 69-77, 1999.
- _____. 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, n. 2, p. 201-215, 2000.
- PEDRINACI, E. Epistemología, historia de las ciencias y abejas. *Investigación en la escuela*, v. 23, p. 95-102, 1994.
- PENICK, J. E.; YAGER, R. E. Trends in science education: some observations of exemplary programmes in the U.S.A. *European Journal of Science Education*, v. 8, p. 1-8. 1986.
- PERALES, F. J.; CAÑAL, P. *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Marfil: Alcoy. 2000.
- PIAGET, J. *La epistemología genética*. Barcelona: Redondo. 1970.
- POPPER, K.R. *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos. 1962.
- POMEROY, D. Implications of teachers' beliefs about the nature of science: comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. *Science Education*, v. 77, n. 3, p. 261-278, 1993.
- PORLÁN, R. Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional. Las concepciones epistemológicas de los profesores. 1989. Tesis (Doctoral) - Universidad de Sevilla. Sevilla.

- PORLAN, R.; RIVERO, A. *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Diada. 1998.
- PORLÁN, R. *et al.* Les obstacles a la formation professionnelle des professeurs en rapport avec leurs idées sur la science, l'enseignement et l'apprentissage. *Aster*, n. 26, p. 207-235, 1998.
- PRAIA, J. *Formação de Professores no Ensino da Geologia: contributos para uma Didáctica fundamentada na epistemologia das ciências: o caso da Deriva Continental.* 1995. Tese (Doutorado) - Universidade de Aveiro. Aveiro. (no prelo).
- PRAIA, J.; CACHAPUZ, A. Concepções epistemológicas dos professores portugueses sobre o trabalho experimental. *Revista Portuguesa de Educação*, v. 11, n. 1, p. 71-85, 1998.
- _____. Para uma reflexão em torno das concepções epistemológicas dos professores de Ciências dos ensinos Básico (3º ciclo) e secundário. *Revista Portuguesa de Educação*, v. 7, n. 1/2, p. 37-47. Braga: Universidade do Minho. 1994.
- _____. 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 n. 3, p. 350-354, 1994.
- PRAIA, J. COELHO, J., 1999. A Epistemologia, a História e a Sociologia da Ciência na construção de materiais didácticos – “ A Origem da Vida”. *Revista de Educação*, v. 8, n. 2, p. 203-220. Lisboa, 1999.
- PRAIA, J.; MARQUES, L. El Trabajo de Laboratorio en la Enseñanza de la Geología: reflexión crítica y fundamentos epistemológico-didácticos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, v. 5, n. 29, p. 95-106, 1997.
- ROTH, W. M.; LUCAS, K. B. From “Truth” to “Invented Reality”: a discourse analysis of high school physics students’ talk about scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 34, n. 2, p. 145-179, 1997.
- ROTH, W. M.; ROYCHONDHURY, A. Students’ epistemologies and views about knowing and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 31, n. 1, p. 5-30, 1994.
- RUBA, P. A.; HARKNERSS, W. L. Examination of pre-service and in-service secondary science teachers’ beliefs about science/technology/society interactions. *Science Education*, v. 77, n. 4, p. 407-431, 1993.
- RUGGIERI, R.; TARSITANI, C.; VICENTINI, M. The images of science of teachers in Latin countries. *International Journal of Science Education*, v. 15, n. 4, p. 383-393, 1993.
- SANMARTÍ, N. *et al.* Los procedimientos. *Cuadernos de Pedagogía*, v. 180, p. 28-32, 1990.
- SANMARTI, N.; TARIN, R. Valores y actitudes: ¿se puede aprender ciencias sin ellos?. *Alambique*, n. 22, p. 55-65, 1999.
- SELLEY, N. J. The philosophy of school science. *Interchange*, v. 20, n. 2, p. 24-32, 1989.
- SOLOMON, J. Teaching about the nature of science in the British National Curriculum. *Science Education*, v. 75, n. 1, p. 95-103, 1991.
- SOLOMON, J.; DUVEEN, J.; SCOTT, L. Pupils’ images of scientific epistemology.

International Journal of Science Education, v. 16, n. 3, p. 361-373, 1994.

SONGER, N. B.; LINN, M. C. How do students views of science influence knowledge integration? *Journal of Research in Science Teaching*, v.28, n. 9, p.761-784, 1991.

SPECTOR, B.; STRONG, P.; LA PORTA, T. Teaching the nature of science as an element of science, technology and society. In: W.F. McComas (Ed). *The Nature of Science in Science Education. Rationales and estrategias*. Netherland: Kluwer Academic Publishers. 1998.

SPERANDEO-MINEO, R. M. Epistemological beliefs of physics teachers about the nature of science and science models. In: *Proceedings...* Second International Conference of the European Science Education Research Association (E.S.E.R.A.). Research in Science Education: past, present and future. p. 250-253, 1999.

STINNER, A. Science textbooks and science teaching: from logic to evidence. *Science Education*, v. 76, n. 1, p. 1-16, 1992.

SUTTON, C. New peerspectives on language in science. In: B.J. Fraser, K.G. Tobin (eds). *International Handbook of Science Education*. Great Britain: Kluwer Academic Publishers. 1998.

TEODORO, S.; NARDI, R. A História da Ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre atracção universal. In: Escola de Verão para Professores de Prática de Ensino de Física, Química, Biologia e Áreas Afins, 2000, Bauru. *Cadernos...* Bauru: UNESP, 2000. p. 278, 280. Org. Nardi, R., Silva, D. e Trivelato, S.

THOMAZ, M. F. Concepciones de futuros profesores del primer ciclo de primaria sobre la naturaleza de la ciencia: contribuciones de la formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 14, n. 3, p. 315-322, 1996.

TOBIN, K.G.; McROBBIE, C. J. Beliefs about the nature of science and the enacted science curriculum. *Science and Education*, v. 06, p. 355-371, 1997.

TOBIN, K. G., TIPPINS, D. J.; GALLARD, A. J. Research on Instruccional Strategies for Teaching Science. In: D.L. Gabel (Ed) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: National Science Teachers Association. 1994.

TOBIN, K. G.; TIPPINS, D. J.; HOOK, K. Referents for changing a science curriculum: a case study of one teacher's cange in beliefs. *Science & Education*, v. 3, p. 245-264, 1994.

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

TRAVER, M. J. La història de les ciències en l'ensenyament de la Física i la Química. 1996. Tesis (Doctora) - Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Univeridad de València, Valencia.

YAGER, R. E.; PENICK, J. E. Analysis of the current problems with school science in the U.S.A. *European Journal of Science Education*, v. 5, p. 459-463, 1983.

YERRICK, R. K.; PEDERSEN, J. E.; ARNASON, J. "We're just spectators": A case study

- of science teaching, epistemology and classroom management. *Science Education*, v. 82, n. 6, p. 619-648, 1998.
- SOLOMON, J. Teaching about the nature of science in the British National Curriculum. *Science Education*, v. 75, n. 1, p. 95-103, 1991.
- SOLOMON, J.; DUVEEN, J.; SCOTT, L. Pupils' images of scientific epistemology. *International Journal of Science Education*, v. 16, n. 3, p. 361-373, 1994.
- SONGER, N. B.; LINN, M. C. How do students views of science influence knowledge integration? *Journal of Research in Science Teaching*, v. 28, n. 9, p. 761-784, 1991.
- SPECTOR, B.; STRONG, P.; LA PORTA, T. Teaching the nature of science as an element of science, technology and society. In: W.F. McComas (Ed). *The Nature of Science in Science Education. Rationales and strategies*. Netherland: Kluwer Academic Publishers. 1998.
- SPERANDEO-MINEO, R. M. Epistemological beliefs of physics teachers about the nature of science and science models. In: *Proceedings... Second International Conference of the European Science Education Research Association (E.S.E.R.A.)*. *Research in Science Education: past, present and future*. p. 250-253, 1999.
- STINNER, A. Science textbooks and science teaching: from logic to evidence. *Science Education*, v. 76, n. 1, p. 1-16, 1992.
- SUTTON, C. New perspectives on language in science. In: B.J. Fraser, K.G. Tobin (eds). *International Handbook of Science Education*. Great Britain: Kluwer Academic Publishers. 1998.
- TEODORO, S.; NARDI, R. A História da Ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre atração universal. In: *Escola de Verão para Professores de Prática de Ensino de Física, Química, Biologia e Áreas Afins*, 2000, Bauru. *Cadernos...* Bauru: UNESP, 2000. p. 278, 280. Org. Nardi, R., Silva, D. e Trivelato, S.
- THOMAZ, M. F. Concepciones de futuros profesores del primer ciclo de primaria sobre la naturaleza de la ciencia: contribuciones de la formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 14, n. 3, p. 315-322, 1996.
- TOBIN, K.G.; McROBBIE, C. J. Beliefs about the nature of science and the enacted science curriculum. *Science and Education*, v. 06, p. 355-371, 1997.
- TOBIN, K. G., TIPPINS, D. J.; GALLARD, A. J. Research on Instruccional Strategies for Teaching Science. In: D.L. Gabel (Ed) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: National Science Teachers Association. 1994.
- TOBIN, K. G.; TIPPINS, D. J.; HOOK, K. Referents for changing a science curriculum: a case study of one teacher's change in beliefs. *Science & Education*, v. 3, p. 245-264, 1994.
- TOULMIN, S. *La comprensión humana. I: el uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza. 1977.
- TRAVER, M. J. *La història de les ciències en l'ensenyament de la Física i la Química*. 1996. Tesis (Doctora) - Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Univeridad de València, Valencia.

YAGER, R. E.; PENICK, J. E. Analysis of the current problems with school science in the U.S.A. *European Journal of Science Education*, v. 5, p. 459-463, 1983.

YERRICK, R. K.; PEDERSEN, J. E.; ARNASON, J. "We're just spectators": A case study of science teaching, epistemology and classroom management. *Science Education*, v. 82, n. 6, p. 619-648, 1998.

ZANON, L. E.; SCHNETZLER, R. Investigando interações entre formadores, professores e licenciados: inter-relação teoria-prática na formação de professores de Química. *Escola de Verão para Professores de Prática de Ensino de Física, Química, Biologia e Áreas Afins*, 5., 2000, Bauru: UNESP, 2000. p. 319-322, Org. Nardi, R., Silva, D e Trivelato, S.

ZANON, L. E.; SCHNETZLER, R. Investigando interações entre formadores, professores e licenciados: inter-relação teoria-prática na formação de professores de Química. *Escola de Verão para Professores de Prática de Ensino de Física, Química, Biologia e Áreas Afins*, 5., 2000, Bauru: UNESP, 2000. p. 319-322, Org. Nardi, R., Silva, D e Trivelato, S.

Artigo Recebido em: 08/06/01

Artigo Aceito para Publicação em: 28/08/01

