

Do Estado da Arte da Pesquisa em Educação em Ciências: Linhas de Pesquisa e o Caso “Ciência-Tecnologia-Sociedade”

ANTÓNIO CACHAPUZ¹, FÁTIMA PAIXÃO², J. BERNARDINO LOPES³ e CECÍLIA GUERRA⁴

¹*Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal (cachapuz@dte.ua.pt);*

²*Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Castelo Branco, Castelo Branco, Portugal*

(mfpaixao@ese.ipcb.pt); ³*Departamento de Física, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal*

(blopes@utad.pt); ⁴*Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal*

(cguerra@dte.ua.pt)

Resumo. Neste artigo apresenta-se parte de um estudo mais amplo que pretende contribuir para uma melhor compreensão do estado da arte da pesquisa em Educação em Ciência através da análise crítica dos artigos mais citados, publicados ao longo de uma década (1993-2002), em três das revistas de maior circulação internacional. Evidencia-se como evoluíram as principais linhas de pesquisa, sendo possível realçar uma tendência para o enfraquecimento de linhas centradas na Psicologia da Educação, como a aprendizagem de conceitos, e para o fortalecimento de linhas centradas na Filosofia e Sociologia da Ciência e em abordagens multidisciplinares. O caso da linha CTS é disso um bom exemplo, pelo que induziu uma análise mais pormenorizada.

Abstract. In this paper we present part of a wider study aiming to improve our comprehension about the state of the art in Science Education research through the critical analysis of the most influential papers published during a recent decade (1993-2002) in three of the most important research journals. The analysis of the evolution of the main research lines indicates that studies centred in the Educational Psychology tends to give room to studies emphasising the role of the Philosophy and Sociology of Science as well as multidisciplinary studies. The case of STS studies is a good example of the latter and a more in deep analysis is presented.

Palavras-chave: pesquisa em educação em ciência; linhas de pesquisa; ciência-tecnologia-sociedade; orientações da pesquisa; perspectivas CTS

Keywords: research in science education; research lines; science-technology-society; research orientations; STS perspectives

1. Introdução

Nos últimos anos é patente o interesse em analisar o estado da arte da Pesquisa em Educação em Ciência (PEC) (por exemplo, HORTON, et al., 1993; GILBERT, 1995; GIL-PEREZ, 1996; MILLAR e OSBORNE, 1998; JENKINS, 2000; 2001; WHITE, 2001; FENSHAM, 2004). Este estudo insere-se numa pesquisa de âmbito mais alargado conduzido pelos autores desde 2002 (CACHAPUZ et al, 2005) e, tal como estudos anteriores, o seu interesse é ajudar a uma melhor caracterização da área e sugerir pontos de reflexão que permitam uma maior e melhor compreensão da natureza do conhecimento que a PEC produz ao mesmo tempo que pode contribuir para impulsionar reorientações e prioridades a adoptar pela mesma.

O objecto central de estudo neste artigo é a análise da evolução das linhas de pesquisa em Educação em Ciência e, de modo incidente, pelo seu destaque na análise realizada, a linha de estudos CTS.

2. Enquadramento teórico

2.1. Linhas de Pesquisa em Educação em Ciência

O estudo apoia-se no conceito central de linha de pesquisa, ou seja “o que os pesquisadores fazem efectivamente”, inseridos numa comunidade bem definida, i.e., o foco específico de interesse dos pesquisadores da área. Cada linha representa tentativas da comunidade para alcançar mais e melhor conhecimento, com base num conjunto de questões e num dado enquadramento teórico aceite (por vezes cruzamento de vários), procurando evidências, seguindo uma metodologia projectada para responder o mais claramente possível às questões de pesquisa. Tal significa ainda que o trabalho efectivamente desenvolvido está centrado em tópicos de pesquisa específicos (TSAI e WEN, 2005) bem definidos que representam para os pesquisadores um motivo de preocupação e em relação ao qual estão convencidos de que é possível obter resultados e/ou conclusões com valor educacional. Por razões de natureza epistemológica e pragmática, a análise da evolução das linhas de pesquisa em educação em ciência traduz o foco de interesse da comunidade científica e permite fazer um exercício de reflexão útil no sentido de, prospectivamente, identificar problemas e prioridades num sentido estrategicamente relevante para o desenvolvimento da área.

Uma das linhas de pesquisa que tem merecido bastante atenção nos últimos tempos é a dos estudos de Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). A relevância social e cultural da ciência numa sociedade sustentada na ciência e na tecnologia converge, necessariamente, para uma resultante “sócio-cívica” (HLEBOWITSH e HUDSON, 1991), ou “responsabilidade social” como lhe chama Ramsey (1993), e são estes vectores que têm vindo a orientar de modo mais ou menos explícito a grande maioria das reformas educativas desde os anos 80 e 90 do século XX.

A relevância de tais orientações tem vindo a receber atenção crescente e a implicar o conceito de literacia científica como um novo slogan e finalidade da educação contemporânea (LAUGKSCH, 2000). De facto, nos anos mais recentes, os posicionamentos das políticas educativas apresentam-se repletos de referências à literacia científica como finalidade da educação em ciência (ATKIN e HELMS, 1993). Tal atenção, associada às tentativas de acção através do desenvolvimento na escola e nas práticas de ensino das propostas curriculares, tem crescido e, na mesma proporção, aumentado a polémica na definição do conceito que, por vezes, se apresenta

altamente politizado (por exemplo, CHASSOT, 2000).

O termo “literacia científica”, de origem norte americana e provavelmente introduzido no domínio da educação em ciência por Paul Hurd em 1958 (referido em DEBOER, 1991), estendeu-se, praticamente, com maior ou menor incidência, a todos os países. Surge, contudo, principalmente com os sinónimos “alfabetização científica” (países francófonos e, nomeadamente, em Portugal, Brasil e Espanha), “compreensão pública da ciência” (originário e comum no Reino Unido) e “cultura científica”, sendo esta última a designação adoptada pela UNESCO. Algumas das identificações da literacia científica evidenciam-se como “stands for what the general public ought to know about science” (DURANT, 1993, p.129, in LAUGKSCH, 2000) ou “some understanding of the more important scientific ideas” (JENKINS, 1994, p. 5345).

O que é seguro, são as ideias de Morin e Le Moigne (1999, p. 33) de que hoje em dia a ciência está no centro da sociedade, o conhecimento científico e o conhecimento técnico se estimulam reciprocamente, de que é preciso distingui-los mas não dissociá-los e de que o verdadeiro problema moral nasce da enormidade de poderes vindos da ciência. Como referem Cachapuz et al. (2002, p. 33), “temos de rever e aprofundar o diálogo entre as várias ciências que o cartesianismo separou” e, principalmente, entre as ciências da natureza e as ciências sociais e humanas onde “quase tudo está por fazer”. O quadro CTS aponta exactamente para essa direcção de posicionamento face ao conhecimento e à acção que a ciência e a tecnologia proporcionam e implicam, necessariamente, num invólucro epistemológico externalista.

De acordo com Garcia et al. (1996), a perspectiva CTS apresenta-se globalmente em duas facetas distintas: a norte-americana, que coloca maior ênfase na abordagem das consequências sociais das inovações tecnológicas e nas influências sobre a forma de vida dos cidadãos e das instituições e a europeia que coloca a ênfase na dimensão social antecedente aos desenvolvimentos científicos e tecnológicos, evidenciando a diversidade de factores económicos, políticos e culturais que participam na génese e aceitação das teorias científicas. Contudo, para além destas facetas apontadas não poderem ser disjuntas, o que muitos autores têm vindo a sobrepor é a importância social do conhecimento proporcionado pela ciência e tecnologia que, ao mesmo tempo que proporciona melhor compreensão do mundo natural, representa um instrumento essencial para o transformar.

Numa perspectiva recente, apoiada na problemática da complexidade e da controvérsia sócio ambiental (COLLUCCI-GRAY et al., 2006), aponta-se para um quadro ecológico e pretende-se fazer uma passagem da literacia científica para uma literacia para a sustentabilidade. Os autores

advogam uma complexidade do conteúdo, do contexto e da metodologia, para a compreensão de problemas actuais. Os modelos de currículo e de aprendizagem conexos incluem perspectivas e abordagens interdisciplinares e profundas reflexões dialógicas.

2.2. Questões e Objectivos do Estudo

O nosso objectivo é evidenciar a evolução da Pesquisa em Educação em Ciência (PEC), ao longo de uma década (1993-2002), no que respeita às suas principais linhas de pesquisa e analisar, de modo particular, a linha de estudos CTS pela sua demarcada ascensão ao longo da década considerada. A pesquisa conduzida é um estudo meta-interpretativo baseado na análise de conteúdo dos artigos da PEC com maior impacto, publicados em três das revistas da área de maior circulação internacional, na década 1993-2002, sendo as seguintes, as questões de pesquisa:

Como evoluíram as principais linhas da PEC durante a década 1993-2002? Em particular, o que se passou com a linha de pesquisa sobre inter-relações ciência-tecnologia-sociedade (CTS)?

Quais as orientação da pesquisa (para a teoria, práticas ou políticas) evidenciadas nos artigos analisados? Que perspectivas CTS são aí apontadas? Quais as principais conclusões, reflexões e/ou implicações apresentadas?

3. Metodologia

O *corpus* sobre o qual recaiu a análise é formado pelos 152 artigos mais influentes na PEC, em termos internacionais, publicados no período 1993-2002 (LOPES et al., 2005). Foram utilizados dois critérios principais para seleccionar os artigos: i) artigos publicados em três das revistas mais influentes na comunidade internacional (SE - *Science Education*, JRST - *Journal of Research in Science Teaching* and IJSE - *International Journal of Science Education*); ii) artigos mais citados, em cada ano.

Para o primeiro critério considerou-se o factor de impacto de cada revista usado pelo *Scientific Citation Index do ISI*. Com este critério obtiveram-se 1898 artigos (459 da SE, 724 do JRST e 715 do IJSE). Com o segundo critério, para não sobrevalorizar o eventual maior número de citações dos artigos mais antigos, seleccionámos em cada ano e em cada revista os artigos mais citados até se atingir a mesma percentagem de artigos (cerca de 10%, ponderada pelo factor de impacto de cada revista).

Os artigos foram listados por revista e ano em ordem decrescente do número de vezes citado e foram seleccionados até se atingir o número de ordem cujo valor é dado pela seguinte fórmula:

$$N_{\text{anoi.revistaA}} \leq 0,1 * f_A * n_{Ai},$$

onde – $N_{\text{anoi.revistaA}}$ representa o número de artigos da revista A no ano i numa percentagem $0,1 * f_A$ dos artigos mais citados; n_{Ai} – número total de artigos da revista A no ano i; f_A – factor de impacto médio da revista A. Portanto, o número dos artigos seleccionados para a revista A (N_{revistaA}) é dado por:

$$N_{\text{revistaA}} = \sum_{i=1993}^{2002} N_{\text{anoi.revistaA}}$$

Como resultado obtivemos os 152 artigos que considerámos como os mais influentes na PEC, na década a que reportam: 43 de SE; 73 de JRST; e 36 de IJSE. Não assumimos que o nosso *corpus* seja representativo de toda a PEC, mas que tem um significado importante na medida em que remete para a influência que os artigos tiveram na comunidade de pesquisadores em educação em ciência (EC).

O conteúdo de cada artigo foi analisado separadamente por dois pesquisadores, até saturação dos dados para identificar a orientação dominante e a linha de pesquisa, o contexto de pesquisa, a síntese dos resultados e as conclusões ou as implicações.

Fez-se um estudo piloto (três artigos foram analisados independentemente por todos os pesquisadores da equipa para testar a consistência da análise), após o que foram entregues artigos, aleatoriamente, a cada investigador. Cada artigo foi analisado independentemente por dois pesquisadores. Foram cruzados os resultados obtidos e foram analisados e discutidos para alcançar uma decisão consensual. Neste primeiro passo obteve-se uma concordância de 95%. Os restantes casos foram re-analisados por um terceiro pesquisador, de modo a tomar uma decisão final, de inclusão (ou não), no *corpus* final.

4. Resultados e Discussão

4.1. Linhas de Pesquisa

Identificámos onze linhas de pesquisa diferentes, com base numa hipótese inicial e reajustadas em diálogo recorrente com o *corpus* analisado. Como pretendíamos evidenciar a forma como progrediram as principais linhas de pesquisa em educação em ciência num período temporal definido, a divisão da década analisada em dois quinquénios revelou-se mais eficaz, sem prejudicar

a tendência geral dos resultados. As frequências e percentagens das principais linhas de pesquisa obtidas através da análise de conteúdo efectuada são explicitadas no quadro (Quadro 1).

Quadro 1 - Linhas de pesquisa em Educação em Ciência

Principais linhas de pesquisa em Educação em Ciência	Total f %	Primeiro Quinquénio (1993-1997)	Segundo Quinquénio (1998-2002)
Filosofia da ciência	33 19,5%	16	17
Aprendizagem de conceitos	39 23,1%	26	13
Resolução de problemas	3 1,8%	2	1
Ciência-Tecnologia-Sociedade	9 5,3%	2	7
Trabalho prático	7 4,1%	4	3
Linguagem	21 12,4%	10	11
Tecnologias de informação e comunicação	5 3,0%	2	3
Avaliação	7 4,1%	2	5
Aprendizagem em contextos não formais	5 3,0%	2	3
Multiculturalismo e género	19 11,2%	11	8
Estudos de currículo e pedagógicos	16 8,9%	5	10
Outros (por exemplo, comunidades de prática...)	6 3,6%	2	4
Total de ocorrências	169	84	85

Apesar da dispersão de resultados é possível identificar algumas tendências que devem ser

evidenciadas. Em primeiro lugar, e considerando a década completa, foram identificadas como linhas dominantes a *aprendizagem de conceitos* (23,1%), a *filosofia da ciência* (19,5) e a *linguagem* (12,4%). As linhas que na década considerada apresentam ocorrências mais baixas são o *trabalho prático*, a *resolução de problemas* ou os estudos que focam as *tecnologias de informação e comunicação*. A ênfase na linha da *aprendizagem de conceitos* diminui de modo significativo ao longo do tempo; as outras duas praticamente mantêm a sua estabilidade. É igualmente relevante que os estudos no âmbito do *currículo e pedagogia* duplicam o número de ocorrências de um para o outro quinquénio e que a linha de pesquisa identificada com estudos do domínio da *Ciência-Tecnologia-Sociedade* mais do que triplica o seu número de ocorrências; um tal salto quantitativo de um para o outro quinquénio não ocorreu em nenhuma outra linha. A *aprendizagem em contextos não formais*, apesar de apresentar números sempre baixos ao longo da década, revela-se como uma linha emergente.

A análise de resultados reforça a convicção de que a educação em ciência é actualmente uma área de natureza interdisciplinar que integra contributos provenientes de áreas como a própria Ciência, a Psicologia Educacional, a História e Filosofia da Ciência, a Sociologia da Ciência e outros estudos sobre ciência (CACHAPUZ et al., 2002). Em particular, a taxa de crescimento dos estudos CTS conduziu-nos a isolar os artigos correspondentes a tal linha e a analisá-los como um “caso”.

4.2. O “Caso” da Linha de Pesquisa “Estudos de Ciência-Tecnologia-Sociedade”

A linha de estudos Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) mostrou ser uma linha dinâmica, em evolução notória ao longo da década considerada, em especial do primeiro para o segundo quinquénio, passando de dois para sete artigos, em igual período de tempo. Considerámos que na linha de pesquisa CTS se enquadram os estudos incidentes na dimensão social e cultural da ciência e da tecnologia e estudos que evidenciam como se relaciona tal dimensão com a literacia científica e com a compreensão pública da ciência (HURD, 1998; HAND et al., 1999; DEBOER 2000, entre outros).

Deste modo, foi o próprio estudo que desenvolvemos que sugeriu que se desse uma atenção especial a esta linha de pesquisa que, de emergente no início da década de 90, se lançou num rápido crescimento. Assim se justifica que tenhamos sujeitado os nove artigos seleccionados a uma análise mais pormenorizada com vista à descrição e interpretação dos seus traços essenciais, de acordo com as seguintes categorias:

(i) Principal *orientação* da PEC em que se enquadram os estudos CTS. A orientação dominante da PEC é uma dimensão de análise da pesquisa implícita em numerosas investigações (por exemplo: HOGAN, 1999; CLEMENTS, 2007) tendo a ver, no essencial, com a relevância de estudos para o desenvolvimento da teoria, para ajuda aos práticos ou para análise de políticas.

Uma contribuição é *orientada para prática* se o foco da pesquisa são as práticas da EC, em ambiente formal ou não, e tem como finalidade ajudar os práticos proporcionando-lhes fundamentação, alternativas ou meios de compreender e melhorar as suas práticas. As suas acções dirigem-se para o avanço do conhecimento da PEC em termos de práticas de educação em ciência; uma contribuição é *orientada para a teoria* se tem como finalidade contribuir para o desenvolvimento da teoria da EC através da análise (conceptual ou empírica) e/ou da produção de novas teorias, ou seja, a pesquisa deve conduzir ao avanço do conhecimento teórico, incluindo em novas interfaces que se apresentem como frutíferas; uma contribuição é *orientada para as políticas* se o foco da pesquisa são as políticas implementadas e ou previstas e se tem como finalidade ajudar os decisores políticos, proporcionando-lhes fundamentação, alternativas ou meios de compreender, melhorar ou apoiar as suas decisões, avaliar políticas actuais ou dar apoio empírico ou teórico a decisões políticas que se pretendam adoptar.

(ii) *Perspectiva* CTS evidenciada, isto é, conforme argumentação apresentada em 2.1: articulação com o conceito de literacia científica; diferentes propósitos para a defesa da linha CTS: influência e consequências sociais das inovações científicas e tecnológicas ou ênfase na dimensão social antecedente aos desenvolvimentos científicos e tecnológicos, ou seja, como participam na génese e aceitação das teorias científicas uma diversidade de factores económicos, políticos, culturais...; valorização de um enquadramento ecológico focando a controvérsia sócio-ambiental.

(iii) Principais *conclusões, reflexões ou implicações* apontadas.

Bingle and Gaskell (1994)

(i) Os autores analisam dois posicionamentos acerca da construção e avaliação do conhecimento científico, a positivista e a sócio-construtivista, e avaliam as pretensões de conhecimento no projecto galileo [evaluating knowledge claims in the galileo project] nessas duas abordagens, propondo-se a partir dessa análise explicar quais são as implicações para o ensino acerca das problemáticas da ciência-tecnologia-sociedade, na escola. O artigo evidencia uma *orientação para a teoria*.

(ii) O estudo dirige-se à educação em ciência de modo geral, sem incidência em qualquer

nível de ensino particular. Situa-se numa perspectiva que assume que existe um consenso alargado, nas comunidades científica e de educação em ciência, acerca da necessidade de aumentar a literacia científica dos estudantes e da população em geral, em particular nos aspectos que desenvolvem o conhecimento e as capacidades necessárias para tomar decisões e resolver problemas da interface ciência, tecnologia e sociedade. Como os autores clarificam, “quando se toma uma decisão no contexto de uma disputa sócio-científica implica integrar conhecimento científico com outras formas de conhecimento e clarificar os valores inerentes às várias alternativas”.

Aikenhead (1997)

(i) No essencial fundamenta a sua argumentação em estudos empíricos, guiada por uma reconceptualização do ensino da ciência como transmissão cultural, e pela ideia de um currículo de ciência e tecnologia de natureza CTS inter-cultural (*cross-cultural STS*), e apoiada em vários tipos de conhecimento (senso comum, tecnologia e ciência), explora a educação em ciência para os alunos nativos do continente americano, no âmbito de uma perspectiva cultural. Pretende extrair implicações para o ensino da ciência, numa *orientação principalmente para a teoria*.

(ii) O estudo atravessa toda a educação em ciências. A perspectiva cultural sobre a educação em ciência trata a ciência ocidental como uma subcultura da cultura Euro-Americana. Considera que tal ciência tende a tornar-se um *icon* cultural de prestígio, poder e progresso e que premeia a cultura dos que nela se envolvem. Esta aculturação esmaga as culturas indígenas, cujos conhecimentos acerca do mundo natural contrastam com tal perspectiva. É nesta linha que questiona “que conhecimento da educação em ciência pode ajudar a atingir finalidades práticas como desenvolvimento económico, responsabilidade ambiental, e sobrevivência cultural?” (p. 226) e argumenta que apesar da retórica política contrária, o desenvolvimento nos países industrializados depende de factores como a população cientificamente literata e factores para além da influência da educação em ciência para o público. A educação formal baseada no modelo curricular da ciência escolar em geral não se transforma em desenvolvimento económico ou em responsabilidade ambiental, pelo que advoga que os professores das nações indígenas deveriam rejeitar o currículo da educação em ciência convencional. A sua perspectiva inclui a necessidade de negociar as fronteiras culturais entre o mundo do quotidiano e a subcultura da ciência para reestruturar ou transformar o conhecimento científico.

Hurd (1998)

(i) Explica e fundamenta argumentos que ao longo da história da modernidade tentaram ultrapassar o fosso entre a ciência académica e a ciência para o cidadão num artigo de *orientação*

para a teoria e intencionalmente dirigido para políticas curriculares.

(ii) Há referências directas aos currículos desde a escola infantil até ao pré-universitário (K-12), por um lado e, noutra situação, refere-se aos currículos do ensino universitário. Trata-se de um artigo de posicionamento e reflexão abrangente, no que respeita aos currículos CTS. Considera o autor que mudanças revolucionárias na natureza, *ethos* e práticas das ciências revelam uma necessidade de reexaminar os tradicionais propósitos da educação em ciência e aponta para a recomendação da *National Science Foundation* que já em 1970 recomendava que a abordagem tradicional precisava de ser repensada no sentido de colocar maior ênfase na compreensão da ciência e tecnologia pelos que não tinham expectativas profissionais nas áreas científica e tecnológica. O autor associa ao movimento CTS o acesso à literacia científica e esta às capacidades cognitivas para utilizar a informação em ciência e tecnologia nos aspectos da vida humana, para o progresso social e económico (p. 411).

Dori and Herscovitz (1999)

(i) *Orientam o estudo para as práticas*, descrevendo no artigo pesquisa sobre estratégias para desenvolver capacidades de colocar problemas usando problemas do mundo real sobre a qualidade do ar.

(ii) Desenvolvem o seu estudo com alunos do nível 10, correspondendo ao secundário avançado. Os autores assumem que a principal finalidade da educação em ciência é enfatizar o desenvolvimento da compreensão, pensamento e capacidades de resolução de problemas científicos pelos alunos, contrariamente à posição tradicional que assenta no conhecimento (factos e princípios). Consideram que mudanças nas finalidades da instrução em ciência nas escolas induziram novas orientações na educação em ciência por todo o mundo e valorizam a abordagem CTSA, resultante da fusão da abordagem CTS e Ambiente (p. 413). É feita a apologia do paradigma CTSA que permite actuar no sentido do desenvolvimento da capacidade de integrar conceitos de vários domínios num sistema interdisciplinar. A perspectiva CTS destes autores exalta que “ligar a ciência aos fenómenos sociais e aplicar a tecnologia na vida quotidiana é assumido como tornar a ciência mais relevante e significativa para os estudantes” (p. 414).

Jenkins (1999)

(i) Tem uma *orientação para as políticas*; quer as questões sociais “da ciência cidadã” quer as interrelacionadas questões curriculares, constituem o cerne do artigo.

(ii) Dirige-se à educação em ciência de modo geral. Considera que “a educação em ciência escolar, a cidadania e a compreensão pública da ciência estão ligadas num grande número de

aspectos” (p. 703) e para o autor é claro que uma das funções da escolarização é o desenvolvimento de uma cidadania informada, o que requer que todos os estudantes recebam educação em ciência. Considerando, embora, que as reformas nos currículos de ciência em muitos países têm sido mais impulsionadas por motivos económicos do que democráticos, elas implicam e exigem que os cidadãos sejam cientificamente literatos de modo a tornarem-se capazes de contribuir como decisores acerca de aspectos de dimensão científica, sejam aspectos pessoais sejam políticos. Na perspectiva do autor, no contexto de uma cidadania cientificamente literata, o “pensamento de cidadania” está intimamente relacionado com a noção de “ciência cidadã”, isto é, com a ciência que se relaciona em termos de reflexão, com as preocupações, interesses e actividades dos cidadãos tais como se apresentam na actividade do seu dia a dia (p. 704).

Hand et al. (1999)

(i) *Orientam o seu estudo para as práticas.* “This broad definition of science literacy has various implications for the aims, readerships and diverse kinds of writing students should practise in the science classroom” (p. 1022) e apresentam mesmo uma situação de ensino.

(ii) Focam o ensino secundário e apresentam um exemplo de uma unidade de ensino referenciado ao 11º nível de escolaridade (idades de 16-17 anos) na área de Educação Ambiental.

As tarefas apresentadas, referem os autores, criam oportunidades de envolver os estudantes em várias dimensões, nomeadamente uma melhor compreensão da natureza e do processo de construção do conhecimento científico: natureza da ciência, modos de conhecimento, padrões de argumentação, pensamento, grandes ideias da ciência, comunicação e evidência. Os autores assumem que a literacia científica contemporânea envolve as competências e as dimensões emocionais para construir a compreensão científica. Para estes autores, trata-se de uma definição alargada que assume as dimensões interdependentes da natureza da ciência e da pesquisa científica, o pensamento científico e as concepções epistemológicas na construção, disseminação e aplicação do conhecimento científico. Precisa de uma disposição positiva para a participação no debate público sobre as questões científicas. Ancoram as suas posições nas perspectivas curriculares subjacentes ao “National Science Education Standards” (NRC, 1996).

Laugksch (2000)

(i) Apresenta um artigo de revisão (mais de 330 referências pesquisadas na base de dados ERIC entre 1974 e 1990) sendo que a maioria das publicações aparece depois de 1980. A intenção deste autor é obter uma melhor compreensão do conceito de literacia científica e as dificuldades que lhe estão associadas. Enquadra-se, assim, este artigo, numa *orientação dirigida para a teoria e com*

posicionamentos dirigidos *para as políticas educativas*.

(ii) Dirige-se à educação em ciência, num sentido lato, como objecto investigável e objecto social. Deste modo, o seu artigo é transversal e não se centra no ensino como mera prática. Considera que há um grande número de diferentes factores que podem influenciar interpretações do termo literacia científica e, por isso mesmo, como um conceito controverso.

Considera o autor que estes incluem grupos de interesses que se mostram preocupados com a literacia científica, diferentes definições conceptuais do termo, a natureza relativa ou absoluta da literacia científica como um conceito, diferentes intenções para a defender e os diversos meios e formas de a medir.

DeBoer (2000)

(i) Apresenta um artigo de revisão incidindo na história da educação em ciência, que lhe permitiu encontrar nove distintas finalidades no que respeita ao que o autor considera o abrangente objectivo da literacia científica. Deseja o autor que a revisão possa ajudar a compreender a confusão que cerca o conceito e permitir, produtivamente, reorientar o nosso pensamento acerca dele (p. 583). Trata-se de um artigo de natureza argumentativa e de *orientação intencional para políticas educativas* de incidência curricular.

(ii) Dirige-se à educação em ciência de modo geral. Considera a literacia científica como um conceito que pretende descrever uma desejável familiaridade com a ciência, por parte do público em geral. Admite que falar de literacia científica é, simplesmente, falar da própria educação em ciência. Tal identificação é reforçada quando afirma que “a literacia científica [quando o conceito surgiu no anos 50, produzido pela consciência da emergência de uma nova era tecnológica] era possibilitar uma ampla compreensão da ciência e do rápido desenvolvimento científico, quer para os que viessem a ser cientistas, ou não” (p.586). O autor refere particularmente a posição crítica de Shamos (1995) que argumenta que os esforços para alcançar a literacia científica como apontada pelos *National Science Education Standards* (National Research Council, 1996) “são fúteis e um desperdício de recursos valiosos” e que representam uma posição *naïve* pensar que os estudantes podem aprender e pensar como cientistas e que o mais importante é “to give people access to responsible, expert advice on such issues” e propõe no seu programa de ciência que o conteúdo deve incidir na tecnologia porque esta é mais útil, e mais fácil de atingir que as abstrações da ciência e que o ensino da ciência deve incluir a natureza da ciência e os processos da ciência, mas pouco conteúdo de ciência; o que Shamos aponta é a via da “literacia funcional” (p. 591). DeBoer considera esta proposta como radical, em particular por retirar ênfase ao conhecimento científico

em favor da tecnologia, no currículo, e na forma como remove a responsabilidade de tomada de decisões no que respeita a questões de base científica pelo público em geral a favor dos especialistas em ciência.

Kolsto (2001)

(i) Apresenta um artigo de *orientação para a teoria*; é recorrente a ideia de que o autor propõe um quadro teórico para analisar a dimensão de ciência em aspectos sociocientificamente controversos.

(ii) Dirige-se à educação em ciência de modo geral. Considera a “ciência para a cidadania” uma finalidade educacional importante nas sociedades democráticas e encara a necessidade de compreender aspectos relacionados com a ciência do ponto de vista de cidadãos decisores em aspectos sociocientíficos. Considera que com a tradição CTS na educação em ciência a ênfase nas interconexões entre a ciência e a sociedade iniciou um interesse particular sobre as questões sociais relacionadas com a ciência. O autor considera o argumento de que melhorar o desempenho dos estudantes como cidadãos necessita enfatizar a ciência e os processos de produção de conhecimento científico como instituição, porque o conhecimento das características humanas da ciência, dos valores e dos limites da ciência e das suas tácticas de tomadas de decisão, são pré requisitos para o conhecimento dos decisores de aspectos científicos. Considera que algumas respostas curriculares têm sido dadas acerca da ciência e cidadania embora aponte que muitos modelos de ensino sofrem de falta de discussão e inclusão de conhecimento relativo à natureza da ciência e do conhecimento científico.

(iii) Principais reflexões, conclusões ou implicações apontadas

Bingle and Gaskell (1994) argumentam que o posicionamento sócio-construtivista é potencialmente mais útil do que um posicionamento positivista para analisar criticamente o conhecimento científico, no contexto da tomada de decisões que envolve uma disputa sócio-científica. Consideram que a discrepância dessa utilidade está relacionada com o modo como cada uma dessas posições percebe a natureza do conhecimento científico, servindo-se das metáforas de Latour (1987) da “ready-made-science” e da “science-in-the-making”. A primeira é aplicada a um conhecimento tomado como não controverso e não relacionado com os contextos específicos do seu desenvolvimento e a segunda adapta-se a um conhecimento científico contestável e passível de ser revisto (p. 187). Consideram os autores que a primeira forma de conhecimento científico é a dos manuais escolares e da ciência escolar enquanto que a segunda é a que vai sendo desenvolvida no

quotidiano da pesquisa e debatida pelos cidadãos. A finalidade com que os autores fizeram a análise dos dois diferentes posicionamentos foi mostrar que o conhecimento científico relevante para uma disputa sociocientífica real pode ser construído e, desde logo, afectado por valores contextuais, e que este processo influencia uma avaliação das propostas científicas, pelos cidadãos.

É nesta sequência que Bingle e Gaskell referem *implicações* para o ensino de questões CTS na escola. Apontam que tem havido duas principais abordagens, uma com foco nas problemáticas sociais e outra com foco nos estudos sociais da ciência, sendo a primeira mais forte mas apenas a segunda discutindo explicitamente a construção social do conhecimento científico (p.195-196). A adopção de um posicionamento sócio-construtivista do conhecimento científico e as questões referentes à sua avaliação têm implicações para futuras abordagens na educação CTS; contudo, os professores têm resistido a todas as tentativas de incluir os contextos sociais da ciência nas suas aulas. Daí que os autores apontem para a necessidade de uma reorganização mais drástica do currículo (p.197).

A conclusão é que “só adoptando um posicionamento sócio-construtivista do conhecimento científico e a sua inerente abordagem através da avaliação crítica das problemáticas do conhecimento científico podemos ter o potencial para apetrechar os estudantes e os cidadãos com o conhecimento e as capacidades que caracterizam a literacia científica para a tomada de decisões” (p.198).

Aikenhead (1997) aponta que os especialistas em currículo e os professores precisam de desenvolver um currículo de ciência que explicitamente renuncie a aculturação indesejada, o que implica desenvolver materiais instrucionais que: estabeleçam cruzamentos de fronteira das subculturas, explícitos para os estudantes; facilitem o cruzamento das fronteiras; substanciem a validade das formas de conhecimento dos estudantes, pessoalmente e culturalmente construídas; e ensinem o conhecimento, capacidades e valores da ciência e tecnologia ocidental no contexto de papéis sociais (social, político, económico, etc.). Refere explicitamente que um currículo *cross-cultural CTS* facilita esses cruzamentos na fronteira das subculturas através das vivências do dia a dia, pelo confronto das duas subculturas com uma análise crítica da subcultura da ciência (as suas normas, valores, crenças, expectativas e acções convencionais) e sem submeter uma à outra subcultura.

Quanto a conclusões, o autor mostra-se optimista, acerca da possibilidade de desenvolver um currículo de ciência e tecnologia que não subjugue as nações aborígenes, orientado para o desenvolvimento económico, a responsabilidade ambiental e a sobrevivência cultural. Considera

igualmente que deu um contributo para clarificar e conceptualizar um caminho cujo horizonte é combinar o conhecimento dos povos para “caminharem em conjunto” (p. 228-233).

Para **Hurd (1998)** o desenvolvimento de um “currículo vivo” em ciência e tecnologia requer esforços cooperativos que implicam também especialistas em ciências sociais e humanidades bem como em campos como a ética, ciências judiciais e políticas. O autor coloca a questão central em “o que é que realmente conta nas ciências para viver nestes novos e desafiadores tempos em que estamos a viver?” e considera que nos anos 80 e 90 muitos esforços concertados começaram a ser feitos para identificar competências de pensamento elaborado associadas à literacia científica e tecnológica que pudessem servir como um quadro de referência para desenvolver um “currículo vivo”. Nessa perspectiva sugere, no seu artigo, uma amostra de conceitos pessoais, sociais e cognitivos que os estudantes precisam de adquirir (p. 412) e uma lista de atributos que, de entre outros possíveis, capacitam os estudantes a adaptar-se ao mundo da ciência e tecnologia em mudança e aos seus impactos nas questões pessoais, sociais e económicas – a lista pretende ser definidora do que é uma pessoa cientificamente literata (p. 413). Por fim, a recomendação dirige-se aos professores, que necessitam de reconhecer constantemente que a compreensão pública da ciência é conceptualmente diferente das formas tradicionais envolvidas na estrutura das disciplinas de ciências.

Dori and Herscovitz (1999) iniciam a discussão dos resultados e as recomendações emergentes do seu estudo repetindo a ideia de que “ligando a ciência aos fenómenos sociais e aplicar tecnologia na vida quotidiana é assumido como tornando a ciência mais relevante e significativa para os estudantes” (p. 426). Os autores consideram que a pesquisa conduzida aumentou a capacidade de resolução de problemas e de colocar problemas, melhorando a literacia científica e tecnológica dos estudantes relativamente ao seu ponto de partida, e que o uso de métodos de avaliação alternativa contribuiu para esse facto.

Na sequência dos resultados obtidos, recomendam a incorporação da análise da capacidade de colocar questões como um método de avaliação alternativo. Para isso, encorajar a colocação de questões é a estratégia de ensino/aprendizagem preferida, em particular quando aspectos ambientais estão envolvidos. Sugerem que mais pesquisa é necessária para determinar e analisar o potencial dos estudantes para responder às questões que eles próprios colocam como resultado de se envolverem no método de aprendizagem de estudo de casos (p. 428).

Jenkins (1999) na reflexão em torno do que denomina “ciência cidadã”, a do dia a dia, enumera exemplos que ilustram diferentes relacionamentos com a ciência, que considera sempre

dependentes dos contextos. Daí que lhe pareça claro que faça pouco sentido tratar os “cidadãos” pensando que eles são um grupo homogêneo ou olhar a “ciência” como um campo de actividade indiferenciada (p. 706), o que faz da “ciência cidadã” um quadro muito complexo.

Para Jenkins, qualquer caracterização do empreendimento científico do novo milénio deve ter em conta que a ciência está agora intimamente relacionada com a produção do conhecimento caracterizado por, entre outros aspectos, transdisciplinaridade, novos critérios de controlo de qualidade e de produção de conhecimento nos contextos da sua aplicação. É, como diz, este “novo sistema” que tem feito muito para transformar o contexto social da educação em ciência e confrontar cidadãos e especialistas com problemas complexos e difíceis que marcam a interface da ciência e da sociedade. Portanto, a educação em ciência precisa de dar resposta a este contexto social alterado e ajudar a preparar a gente jovem para contribuir como cidadãos para moldar o mundo no qual viverão.

Na construção de currículos de ciências, o autor considera que se deve ter em conta que eles devem permitir aos jovens participarem na reflexão sobre aspectos relacionados com a ciência que realmente os interessem e que lhes digam respeito. Evidencia, também, a necessidade de os professores de ciências desenvolverem competências mais comumente associadas a professores de outros domínios do currículo escolar, nos quais a controvérsia constitui um território mais familiar (p. 707). Outra implicação da reflexão conduzida é que como nem todos os assuntos relacionados com a ciência são globais e se o currículo escolar pretende ser sensível aos interesses dos estudantes, então variações regionais ou nacionais devem ser integradas (p. 708). Uma terceira consequência é que o contributo que a ciência pode dar para a educação, e portanto para a cidadania, deve ser reavaliado.

Para Jenkins, nem todos os cursos incluídos no que é designado por CTS parecem poder colmatar as dificuldades curriculares sentidas, em parte pela falta de base teórica legítima. E considera que, não sendo exclusiva, as dimensões do modelo da “ciência cidadã” oferecem os rudimentos de uma tal base teórica. O autor também considera importante reconhecer que essa noção tem implicações na agenda de pesquisa no que diz respeito à compreensão pública da ciência.

Hand et al. (1999) consideram que a literacia científica contemporânea envolve várias dimensões interdependentes, incluindo a compreensão da natureza da ciência e da pesquisa científica, o papel do pensamento e a influência das concepções epistemológicas, centrais para a construção, disseminação e aplicação do conhecimento científico e que cada dimensão precisa de ser compreendida e usada explicitamente num contexto global de ensino e aprendizagem da ciência.

O artigo deixa sugestões de pesquisa, centradas na sala de aula, sobre o valor e o papel da escrita para desenvolver a literacia científica. É necessário identificar quais as tarefas que são mais efectivas na promoção de competências, conhecimentos e atitudes particulares, que integram os aspectos interdependentes da literacia científica. Além disso, os autores apontam que há necessidade de pesquisa para explorar os efeitos das diferenças dos alunos no *background* cultural, nos atributos cognitivos e nas concepções epistemológicas sobre a efectividade da escrita para aprender ciência.

O estudo de **Laugksch (2000)**, “Revisão do conceito de literacia científica”, emergiu, não da perspectiva da comunidade de profissionais de educação em ciência mas do ponto de vista da importância do conceito na comunidade de pesquisadores. Releva a diversidade de posições, descrições e interpretações, o que evidencia a importância a conceder a este conceito. A principal chamada de atenção vai para a importância de compreender os vários factores que contribuem para o conceito e de tornar claro as interrelações entre esses factores, no sentido de refinar e focalizar a conceptualização de literacia científica.

O autor conclui que a sua revisão mostra claramente que o termo “literacia científica” tem, talvez intencionalmente, um grande número de diferentes assunções, interpretações, concepções e perspectivas do que o termo significa. Por isso, não se surpreende que o termo seja olhado como difuso, deficientemente definido e que seja difícil de medir. Assim sendo, sugere, porque lhe parece prudente para os pesquisadores, que clarifiquem a sua posição em relação aos factores da literacia científica quando discutem este conceito.

DeBoer (2000) apresenta, no seu artigo de revisão, um sumário alargado referente às finalidades do ensino da ciência. Para o autor, “claramente, a história da educação em ciência sugere uma variedade de finalidades do ensino da ciência e um largo espectro de significados de literacia científica” e sistematiza-os em nove posicionamentos (p. 591 e seguintes). Como principais implicações, o autor questiona o que podemos aprender com a história das finalidades da educação em ciência e se ela pode ajudar a definir literacia científica e a compreender o actual movimento de reforma para a atingir. Outras questões dirigem-se para a possibilidade de um programa de educação em ciência dar cumprimento a todas essas finalidades e, se não, quem deve decidir quais as que devem ser perseguidas.

De vários caminhos para a literacia científica o autor considera que o seu artigo mostra que o mais importante é que os estudantes aprendam alguma coisa que eles considerem interessante de modo a continuarem a estudar ciência, seja de modo formal ou informal, no seu futuro, de modo a

ter oportunidade de aprender o suficiente para não se sentir excluídos desta dimensão da experiência moderna (p. 598).

Outra dimensão evidenciada pelo autor é sobre “quanto conteúdo ensinar” e clarifica que, com poucas exceções, o conteúdo da ciência tem formado o *backbone* do currículo de ciência desde sempre e assim terá que continuar desde que as finalidades da ciência requeiram uma compreensão básica do mundo natural. O desafio é encontrar um balanço razoável entre o conteúdo científico e outras importantes finalidades do ensino da ciência. Os problemas advêm da pressão dos *standards*, *benchmarks* e testes, que perpetuam atitudes de sobrevalorização da informação centrada nos conteúdos (p. 598).

Como conclusão, aponta que a influência da educação baseada nos *standards* não deve ser inibidora da autonomia e criatividade do professor, mas que deve ser positiva e ajudar a tornar mais claro o que é importante e a guiar o desenvolvimento do currículo, num sentido positivo (p. 599).

Kolsto (2001) considera, como conclusão, que linhas de orientação para ordenar diferentes aspectos do conhecimento têm sido omitidas na concepção de modelos de ensino para inclusão da ciência em contextos sociais (p. 307). Na resposta ao “o que deve ser incluído”, o autor responde que as suas propostas de tópicos servem como pontos fulcrais no desenvolvimento de materiais curriculares com vista a ensinar ciência para a cidadania. Argumenta ainda que isso implica que aspectos controversos devem ser incluídos na ciência escolar mas reforça o foco na análise das dimensões da ciência nos aspectos sociocientíficos abordados e que os materiais de ensino devem ser desenvolvidos e avaliados de forma detalhada antes de serem usados.

Deixa como recomendação que sejam avaliadas as concepções sobre a natureza da ciência de estudantes e de professores, o que pode fornecer informação importante. O autor alerta ainda para a necessidade de este tipo de concepções ser avaliado de modo dependente dos contextos sociais.

4.3. Síntese do “Caso” CTS

A evolução, do primeiro quinquénio para o segundo, evidencia que a orientação para as práticas surge apenas mais recentemente (ambos os artigos são de 1999). Também é no segundo quinquénio (em 2000) que surgem dois artigos de revisão. No primeiro quinquénio há maior incidência nas implicações curriculares, um assunto não resolvido na educação em ciência. Dada a conotação política e social destes estudos, os artigos estão muito centrados na clarificação dos conceitos que utilizam, nomeadamente o de cidadania e o de literacia científica. Os artigos analisados evoluem para o aumento da discussão sobre políticas educativas, curriculares, sociais e

culturais. Dominam os estudos dirigidos à Educação em Ciência de modo transversal; apenas dois deles se dirigem ao ensino secundário (níveis 10-12 de escolarização).

Dois dos artigos referem-se ao paradigma sócio-ambiental. Contudo, a perspectiva CTS mais evidenciada é a que dá predomínio à cultura científica, às interconexões entre a ciência e a sociedade, que aponta a necessidade de aumentar a literacia científica dos estudantes e da população em geral, advogando que a educação em ciência deve ajudar os cidadãos a compreenderem o mundo em que vivem e que está imerso na ciência mas também a compreender que existem muitos factores não científicos, nomeadamente no contexto das aplicações científicas, que contribuem para as tomadas de posição e decisões dos cidadãos, nas matérias científicas e tecnológicas. A necessidade de compreender a natureza e o processo de construção do conhecimento científico também é apontado como necessário para o desenvolvimento da literacia científica.

Sobressai a reflexão sobre o valor do posicionamento sócio-construtivista e das influências contextuais na avaliação das propostas científicas, pelos cidadãos. As reflexões e posicionamentos dirigem-se particularmente para o currículo e para as finalidades da educação em ciência e apelam a uma maior coerência epistemológica. Ou seja, que é pela adopção de um posicionamento sócio-construtivista do conhecimento científico e a sua inerente abordagem através de problematização contextualizada, que se podem apetrechar os cidadãos com o conhecimento, as capacidades e os valores da ciência e tecnologia para tomarem decisões mais informadas, nos contextos sociais e humanos.

São também de realçar recomendações dirigidas aos professores no sentido de estes reconhecerem constantemente que a compreensão pública da ciência é conceptualmente diferente das formas tradicionais envolvidas na estrutura das disciplinas de ciências. É evidenciada a importância de linhas orientadoras para a concepção de modelos e de materiais de ensino para a inclusão da ciência em contextos sociais. É ainda deixada a recomendação de que sejam avaliadas as concepções sobre a natureza da ciência, de alunos e professores, mas de modo dependente dos contextos.

5. Conclusões

O estudo aqui apresentado realça a dispersão de linhas de pesquisa na amostra analisada, o que pode ajudar a compreender por que razão ainda não existe na educação em ciência um corpo de conhecimentos específico e coerente que ligue as várias peças fragmentadas de conhecimento.

Contudo, é possível identificar linhas bem estabelecidas que reflectem a maturidade da área de pesquisa e linhas emergentes.

Um aspecto digno de referência é a estabilidade da relevância da Filosofia da Ciência ao longo de toda a década, a “inversão” de sentido de algumas linhas, nomeadamente no âmbito da Psicologia Educacional, particularmente a Aprendizagem de Conceitos, a favor de linhas cujo quadro de referência é de natureza multidisciplinar, tendente para a consideração da Filosofia e da Sociologia da Ciência, como por exemplo os estudos CTS.

No conjunto dos artigos analisados, em todos os tipos de orientação da pesquisa (para a teoria, para as práticas, ou para as políticas) predominam pesquisas do tipo empírico. Contudo, no subconjunto dos nove estudos CTS, é patente o predomínio de estudos orientados para a teoria e para as políticas. Seria interessante, em estudos envolvendo investigações a partir de 2003, verificar se esta tendência é consistente. Por outro lado, nota-se que apenas um pequeno grupo de pesquisadores visa identificar e explicitar as bases actuais de referência da educação em ciência (isto é, o que consensualmente já sabemos) assim como pontos de polémica. Um bom ponto de partida seria caracterizar adequadamente as bases de referência da educação em ciência, identificar os problemas e controvérsias que persistem bem como novos problemas a enfrentar. No que diz respeito à linha de estudos CTS, seria desejável continuar a tentar obter uma melhor compreensão das suas características e evolução, tendo em conta a ênfase que lhe é agora dada pelos pesquisadores.

Fica o desafio de uma profunda e continuada reflexão da comunidade de pesquisadores em educação em ciência para acompanhar a evolução das principais linhas de trabalho, tendo em vista “saber onde estamos”, corrigir trajectórias e formular de modo sustentável prioridades de pesquisa a médio prazo. Paraphrasing the well-known dramatist Samuel Beckett: “Tenta outra vez. Falha outra vez. Falha melhor”.

Agradecimentos: Fundação para a Ciência e Tecnologia/Portugal; Projecto POCTI POCTI/CED 45497/2002.

Referências

Artigos analisados:

AIKENHEAD, G.S. Towards a first nations cross-cultural science and technology curriculum. *Science Education*, v. 81, n. 2, p. 217-238, 1997.

BINGLE, W.H.; GASKELL, P.J. Scientific literacy for decision making and the social construction of scientific knowledge. *Science Education*, v. 78, n. 2, p. 185-201, 1994.

DEBOER, G.E. Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationships to science education reform. *International Journal of Research in Science Teaching*, v. 37, n. 6, p. 582-601, 2000.

DORI, YJ.; HERSCOVITZ, O. Question Posing Capability as an alternative evaluation method: Analysis of an environmental case study. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 36, n. 4, p. 411-430, 1999.

HAND, B.; PRAIN, V.; LAWRENCE, C.; YORE, L.D. A writing in science framework designed to enhance science literacy. *International Journal of Science Education*, v. 21, n.10, p. 1021-1035, 1999.

HURD, P.H. Scientific literacy: new minds for a changing world. *Science Education*, v. 82, n. 3, p. 407-416, 1998.

JENKINS, E.W. School science, citizenship and the public understanding of science. *International Journal of Science Education*, v. 21, n. 7, p. 703-710, 1999.

KOLSTO, S.D. Scientific Literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial issues. *Science Education*, v. 85, n. 3, p. 291-310, 2001.

LAUGKSCH, R. C. Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, v. 84, n. 1, p. 71-94, 2000.

Referências do texto

ATKIN, J.M.; HELMS, J. Getting serious about priorities in science education. *Studies in Science Education*, v. 21, p. 1-20, 1993.

CACHAPUZ, A.; LOPES, J. B.; PAIXÃO, F.; PRAIA, J. (Eds) *Proceedings of the International Seminar on "The state of the art in Science Education Research"*, 15th -16th October, 2004, Research Center Didactics and Technology for Teacher Education (CIDTFF). University of Aveiro, Portugal.(CD-Rom, ISBN: 972-789-174-8). (Available in <http://web.dte.ua.pt/ProceedingsPOCTI/>), 2005.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J; JORGE, M. *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Lisboa: Ministério da Educação, 2002.

CHASSOT, A. *Alfabetização científica. Questões e desafios para a Educação*. Ijuí, Rio Grande do Sul: Editora Unijuí, 2000.

CLEMENTS, D.H. Curriculum Research: Toward a framework for "Research-based curricula". *Journal for Research in Mathematics Education*, v. 38, n.1, p. 35-70, 2007.

COLUCCY-GRAY, L.; CAMINO, E.; BARBIERO, G.; GRAY, D. From scientific literacy to

sustainability literacy: an ecological framework for education, v. 90, p. 227-252, 2006

DEBOER, G. *A history of ideas in science education: implications for practice*. New York: Teachers College Press, 1991.

HOGAN, K. Relating Students' Personal Frameworks for Science Learning to Their Cognition in Collaborative Contexts. *Science Education*, v. 83, n.1, p. 32, 1999.

FENSHAM, P.J. *Defining an Identity: The Evolution of Science Education as a Field of Research*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004.

GARCIA, M.; CERESO, J.; LÓPEZ, J. *Ciencia, Tecnología y Sociedad*, Madrid: Tecnos, 1996.

GILBERT, J. Science Education and Research. In S. Arons & R. Booahan (Eds.), *Teaching Science in Secondary Schools* (pp. 217-222). London: Routledge Flamer, 2002.

GILBERT, J. K. Studies and fields: directions of research in science education. *Studies in Science Education*, v. 25, p. 173-197, 1995.

GIL-PÉREZ, D. New Trends in Science Education. *International Journal of Science Education*, v. 18, n. 8, p. 889-901, 1996.

HLEBOWITSH, P.S.; HUDSON, S.E. Science education and the reawakening of the general education ideal. *Science Education*, v. 75, n. 5, p. 563-576, 1991.

HORTON, PB; MCCONNEY, AA; WOODS, AL; BARRY, K; KROUT, HL; DOYLE, BK A content-analysis of research published in the journal-of-research-in-science-teaching from 1985 through 1989. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 30, n. 8, p. 857-869, 1993.

JENKINS, E.W. Public understanding of science and science education for action. *Journal of Curriculum Studies*, v. 24, p. 229-246, 1994.

JENKINS, E.W. Research in Science Education: Time for a Health Check? *Studies in Science Education*, v. 35, n. 1, p. 26, 2000.

JENKINS, E.W. Science Education as a Field of Research. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, v. 1, n.1, p. 9-21, 2001.

LOPES, J. B. PAIXÃO, PRAIA, J; GUERRA, C.; CACHAPUZ, A. F. Epistemologia da didáctica das ciências: um estudo sobre o estado da arte da pesquisa. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra, CDRom. VII Congreso, 2005.

MILLAR, R. AND OSBORNE, J. *Beyond 2000: Science education for the future. A report with ten recommendations*. London: King's College, School of Education, 1998.

MORIN, E. e LE MOIGNE, L. *A inteligência da Complexidade*. S. Paulo: Ed. Fundação Peirópolis, 2001.

OSBORNE, B. Science Education: a concise review of the past thirty years. *Perspectives*, v. 45, n. 6, p. 13, 1992.

RAMSEY, J. The science education reform movement: Implications for social responsibility. *Science Education*, v. 77, n. 2, p. 235-258, 1993.

SIMMONS, P. E.; BRUNKHORST, H., LUNETTA, V., PENICK, J., PETERSON, J., PIETRUCHA, B., e STAVER, J. Developing a Research Agenda in Science Education. *Journal of Science Education and Technology*, v. 14, n. 2, p. 239-252, 2005.

TSAI, C.-C., & WEN, L.M.C. Research and trends in science education from 1998 to 2002: A content analysis of publication in selected journals. *International Journal of Science Education*, v. 27, n. 3, p. 14, 2005.

WHITE, R. T. The revolution in research in science education. In V. Richardson (Ed.). *Handbook of research on teaching* (4th ed.). Washington DC: American Educational Research Association, 2001.

ANTÓNIO F. CACHAPUZ: Professor catedrático da Universidade de Aveiro (UA), Portugal; graduação e pós-graduação em Química (França) e PhD em Educação em Química (Reino Unido, 1984); coordenador do centro de pesquisa CIDTFF/UA (desde 1995); parecerista de projectos da União Europeia, de projectos nacionais e de cooperação internacional (incluindo FAPESP e CAPES); interesses em Didáctica das Ciências/Química e Filosofia da Ciência; membro do Conselho Nacional de Educação de Portugal (desde 2002).

FÁTIMA PAIXÃO: Professora coordenadora da Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Castelo Branco, Portugal; doutorada em Didáctica das Ciências (1999); interesses em Didáctica das Ciências e também História e Filosofia da Ciência; membro do CIDTFF/UA.

BERNARDINO LOPES: Professor associado da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD); doutorado em Didáctica da Física 1999; Coordenador da Pós-graduação em Ciências Físicas/UTAD; interesses em Ciências Físicas; membro do CIDTFF/UA.

CECÍLIA GUERRA: Doutoranda na Universidade de Aveiro; licenciada em Biologia e Geologia e mestre em Comunicação e Educação em Ciência; membro do CIDTFF/UA.