

Natureza da Ciência nos currículos de Ciências Naturais/Biologia e Geologia do contexto educacional português

José Luís de Jesus Coelho da Silva

zeluis@iep.uminho.pt

Manuel Joaquim Cuiça Sequeira

msequeira@iep.uminho.pt

Instituto de Educação e Psicologia

Universidade do Minho

4710-057 Braga - Portugal

Resumo

O presente estudo focaliza-se na identificação da imagem da natureza da Ciência preconizada para o ensino das Ciências Naturais e da Biologia e Geologia no contexto educacional português. Toma como objecto de análise documentos definidores da política educativa: “*Ciências Físicas e Naturais – Orientações Curriculares do 3º ciclo do Ensino Básico*” e “*Programas de Biologia e Geologia dos 10º e 11º anos de escolaridade do Ensino Secundário*”. Apesar de algumas fragilidades detectadas, assentes sobretudo em omissões, os documentos oficiais evidenciam pontos de contacto com as recomendações oriundas da investigação em Educação em Ciências. A leitura dos dados recolhidos aponta uma imagem da natureza da Ciência assente numa perspectiva de orientação pós-positivista.

Abstract

This study focus on the identification of the image of the nature of science recommended for the teaching of Natural Science, Biology and Geology in the portuguese educational system. It is based on the analysis of official documents on educational policy: “*Physical and Natural Sciences – Curriculum Guidelines for the 3rd cycle of Basic Education*” and “*Biology-Geology Sillabus for the 10th and 11th grades in Upper-Secondary Education*”. Although the official documents on educational policy show some weaknesses and omissions, they follow somehow the recommendations given by the research in science education. The interpretation of the collected data indicates that the programs have an image of the nature of science based on a post-positivist perspective.

Introdução

O presente estudo centra-se na apreciação da valorização atribuída à natureza da Ciência nos documentos oficiais, emanados pelo Ministério da Educação, orientadores do processo de ensino-aprendizagem das Ciências Naturais (3º ciclo) e da Biologia e Geologia (10º e 11º anos de escolaridade). Apresenta-se, em primeiro lugar, uma síntese do quadro teórico, relativo à natureza da Ciência, em que assenta o estudo. É este quadro que delimita o enfoque de análise e que determina a leitura da informação recolhida. Está, assim, estruturado com fins meramente investigativos. Seguidamente, procede-se à apresentação do *corpus* de análise e à descrição dos procedimentos de recolha e análise de informação, bem como dos respectivos processos de validação. Posteriormente, passa-se à apresentação e análise dos resultados. Por fim, explicitam-se as conclusões e tecem-se algumas considerações com implicações no contexto educacional em Ciências.

Quadro teórico de referência sobre a natureza da Ciência

Ao longo dos tempos, a Ciência tem vindo a ser conceptualizada de diferentes formas. Posições oriundas da designada Nova Filosofia da Ciência e que recebem actualmente um maior consenso prendem-se com a defesa de perspectivas de Ciência de orientação pós-positivista e com a consideração de diversas limitações às perspectivas de Ciência de orientação positivista (Carrilho, 1994; Chalmers, 1997; Echeverría, 2003).

No quadro 1.1 sintetizam-se os atributos caracterizadores de algumas visões acerca da natureza da Ciência em função das duas orientações: positivista e pós-positivista. Os atributos estão agrupados em cinco dimensões: *Processo de Criação Científica*, *Estatuto da Teoria e da Observação*, *Estatuto Epistemológico do Conhecimento Científico*, *Evolução do conhecimento Científico* e *Contexto da Actividade Científica*. Estas dimensões referem-se aos processos envolvidos na construção do conhecimento científico e às características que este conhecimento assume em resultado da implementação desses processos. Foram definidas a partir de: (a) indicação de dimensões que são consideradas necessárias para caracterizar as perspectivas de Ciência (Guba, 1990 citado em Jiménez Aleixandre, 1996; Duschl, 1997; Medrano Ureta, 2001); (b) indicação de aspectos que são apontados como fundamentais para se proceder à abordagem da natureza da Ciência no ensino das Ciências (Hodson, 1995) e (c) análise das dimensões definidas em quadros teóricos idênticos que subjazem ao desenvolvimento de outras investigações no campo da Didáctica das Ciências (Praia, 1995;

Campos y Cachapuz, 1997; Cachapuz, Praia y Jorge, 2002; Baldaia, 2004). Em seguida, explicita-se o significado de cada uma destas dimensões:

- ***Processo de Criação Científica.*** Esta dimensão refere-se à metodologia científica que orienta o trabalho do cientista e ao processo de validação do conhecimento científico. A pluralidade de processos metodológicos envolvidos na actividade científica e a existência de um método científico único e de aplicação universal para a produção do conhecimento científico são aspectos contemplados. Os critérios de validação do conhecimento científico são outros aspectos mencionados.
- ***Estatuto da Teoria e da Observação.*** Esta dimensão reporta-se à relevância da teoria e da observação na construção do conhecimento científico.
- ***Estatuto Epistemológico do Conhecimento Científico.*** Esta dimensão diz respeito à valorização do conhecimento científico em relação a outras formas de conhecimento.
- ***Evolução do Conhecimento Científico.*** Esta dimensão refere-se ao carácter estático/dinâmico do conhecimento científico e ao modelo de progresso científico.
- ***Contexto da Actividade Científica.*** Esta dimensão focaliza-se no contexto profissional em que o cientista exerce a sua actividade. O isolamento intelectual do cientista e o intercâmbio de opiniões são aspectos contemplados. É, ainda, referida a influência de factores de ordem sociológica, económica e política na actividade de investigação.
- ***Imagem do Cientista.*** Esta dimensão refere-se ao perfil do cientista e à influência de convicções e ideologias pessoais na actividade de investigação.

Clarifica-se que a aplicação do termo «*Evolução*», na designação da dimensão «*Evolução do Conhecimento Científico*», não pretende assumir um carácter meramente linear de forma a que o vincule apenas a uma perspectiva de Ciência de orientação positivista. O seu uso é encarado no sentido de reflectir a construção de novo conhecimento que, em função da perspectiva de Ciência, poderá ocorrer de forma sequencial ou através de avanços e recuos, no seio dos quais há lugar a controvérsias.

Os atributos explicitados foram definidos a partir da análise de fontes bibliográficas de natureza diversa, nomeadamente: (a) reflexões no campo da epistemologia da Ciência (Chalmers, 1992 e 1997; Carrilho, 1994; Fourez, 1995; Echeverría, 2003), (b) estudos centrados na identificação dos processos envolvidos na pesquisa científica (Dunbar, 2000) e (c) trabalhos que incluem a revisão dos atributos caracterizadores de diferentes conceptualizações de Ciência (Praia, 1995; Valadares, 1995 e 2003; Jimenez Aleixandre, 1996; Medrano Ureta, 2001; Cachapuz, Praia y Jorge, 2002).

Quadro 1.1: Natureza da Ciência: Dimensões e respectivos atributos de orientação Positivista e Pós-positivista de Ciência

Atributos de orientação Positivista	Atributos de orientação Pós-positivista
Dimensão: <i>Processo de Criação Científica</i>	
<p>A experiência é a única fonte credível do conhecimento científico.</p> <p>O processo de criação científica consiste na capacidade de retirar interpretações correctas a partir da observação de factos e da análise de dados. O raciocínio indutivo é o processo mental geralmente utilizado. As observações ocasionais estão muitas vezes na origem das descobertas científicas.</p> <p>O processo de criação científica está restringido a um método único e universal, um processo algorítmico. O método é linear, sequencial, parte dos factos para as ideias, da observação para os conceitos. Implica a implementação de um conjunto de regras com precisão e rigor.</p> <p>A validação do conhecimento científico assenta na testagem experimental. Depende da concordância com os factos.</p>	<p>No processo de construção do conhecimento científico intervêm, por um lado, actos perceptivos que envolvem os sentidos, e por outro, o pensamento, a formação de ideias, actos em que intervem a razão. A razão orienta a experimentação e é, por sua vez, guiada pelos dados experimentais recolhidos.</p> <p>A intuição, a abstracção, a percepção, a imaginação, a criatividade, a reflexão sistemática e o raciocínio são operações mentais utilizadas no processo de criação científica, sem ordem pré-estabelecida. O raciocínio analógico é um dos processos mentais utilizado pelos cientistas.</p> <p>Os processos adoptados pelos cientistas dependem dos seus próprios conhecimentos conceptuais e processuais bem como das tecnologias disponíveis. Os métodos científicos alteram-se face à alteração do conhecimento científico e vice-versa.</p> <p>Os métodos seguidos são caracteristicamente de natureza holística, reflexiva, idiossincrática e de múltiplos passos sujeitos a monitorização. Os métodos são ramificados, sinuosos, incertos, flexíveis.</p> <p>Os problemas emergem no seio de um contexto teórico.</p> <p>A teoria, os objectivos e os métodos interactuam entre si.</p> <p>A validação do conhecimento científico está dependente do consenso encontrado dentro da comunidade científica, numa dada época. Associado a este consenso, existe sempre uma negociação dentro da comunidade científica. Os métodos utilizados na investigação, os dados obtidos, as interpretações efectuadas, as conclusões emitidas e o grau de generalidade da explicação proposta são objecto de avaliação para a validação do conhecimento científico pela comunidade científica.</p>

Quadro 1.1 (continuação): Natureza da Ciência: Dimensões e respectivos atributos de orientação Positivista e Pós-positivista de Ciência

Dimensão: Estatuto da Teoria e da Observação	
<p>É atribuído o carácter de objectividade às observações por se considerar que são independentes do quadro teórico, da experiência profissional e das expectativas do investigador. As observações caracterizam-se pela precisão, exactidão, neutralidade e rigor. Elas são a fonte do conhecimento científico.</p> <p>As verdades científicas encontram-se no mundo real à espera de serem descobertas. Emergem automaticamente das observações. São uma cópia exacta do mundo real.</p>	<p>A observação e a teoria influenciam-se e enriquecem-se mutuamente. A observação, embora apresente um carácter de subjectividade decorrente da influência da teoria, também se caracteriza pela objectividade que advém da capacidade e da experiência de observação do investigador.</p> <p>A observação é entendida como um processo selectivo. O quadro teórico do investigador determina o que e como se vai observar, permite reconhecer se uma observação é relevante e a importância que pode ter para uma investigação.</p> <p>É no contexto de uma teoria que os conceitos científicos adquirem significado ao serem relacionados com outros conceitos.</p>
Dimensão: Estatuto Epistemológico do Conhecimento Científico	
<p>O conhecimento científico apresenta um estatuto superior ao de outras formas de conhecimento. É a forma de conhecimento que apresenta o maior grau de certeza.</p>	<p>O conhecimento científico apresenta um estatuto equivalente ao de outras formas de conhecimento.</p>
Dimensão: Evolução do Conhecimento Científico	
<p>O conhecimento científico caracteriza-se pelo seu carácter estático e imutável. É um conjunto de verdades absolutas.</p> <p>A progressão do conhecimento científico é um processo linear, sem controvérsias, contínuo, gradual e cumulativo. Ocorre através da justaposição de factos. Passa-se de umas descobertas para outras de forma harmoniosa.</p>	<p>O conhecimento científico caracteriza-se pelo carácter dinâmico e temporal. É um conhecimento aberto, em constante construção e reconstrução. Contudo, evidencia o seu carácter de “corpo” coerente de conhecimentos.</p> <p>A progressão do conhecimento científico ocorre através de avanços e recuos. Pode caracterizar-se pela existência de períodos de ruptura.</p>
Dimensão: Contexto da Actividade Científica	
<p>A actividade científica é um trabalho solitário, centrado no investigador. Apenas o contexto de justificação assume importância.</p>	<p>A actividade científica é um empreendimento individual e colectivo. O trabalho individual implica a consideração do trabalho realizado por outros cientistas e, tal como o trabalho colectivo, implica a interacção entre vários cientistas e o confronto de opiniões. O trabalho em equipa implica equipas pluridisciplinares, em que o interesse de cada cientista está orientado para um objectivo comum. Envolve o intercâmbio entre grupos da comunidade científica. A actividade científica está condicionada por questões de natureza política, económica e social relativas ao contexto de cada época. Assumem importância os contextos de descoberta e de justificação.</p>

A opção por um quadro epistemológico centrado na distinção em apenas duas

orientações de Ciência assenta em três pressupostos. Em primeiro lugar, a impossibilidade de se afirmar que, no conjunto das correntes existentes acerca da natureza da Ciência, há posicionamentos mais correctos do que outros implica a definição de atributos que salientem os fundamentos principais que subjazem a cada uma das correntes. Neste sentido, optou-se por criar um grupo de atributos de orientação positivista e um outro de orientação pós-positivista, em que estivessem contemplados os contributos das várias áreas de conhecimento envolvidas na reflexão acerca da natureza da Ciência – Filosofia, História e Sociologia. Assim, a divisão estabelecida acentua a (des)articulação da Filosofia da Ciência com a História da Ciência e a Sociologia da Ciência. Considera-se que as dimensões definidas no quadro 1.1 traduzem uma divisão artificial uma vez que se encara a construção do conhecimento científico como um processo holístico no qual os vários aspectos nelas expressos estão em interacção. Este carácter artificial acentua em cada dimensão determinadas relações da (des)articulação atrás referida.

Em segundo lugar, defende-se a necessidade de reduzir a complexidade conceptual inerente à pluralidade de visões de Ciência defendidas pelos vários Filósofos da Ciência, de forma a representar posicionamentos mais facilmente compreensíveis pela comunidade educativa, passíveis de tradução em materiais didácticos (manuais escolares, etc.), e assim tornar exequível a exploração da natureza da Ciência no ensino das Ciências. Deste modo, adopta-se o pressuposto já assumido por Hodson (1995) de que a diversidade de visões de Ciência não constitui um obstáculo à abordagem da natureza da Ciência, face ao consenso acerca da existência de um conjunto de aspectos caracterizadores da Ciência que devem ser objecto de exploração no ensino das Ciências. Outros investigadores também defendem a inclusão destes aspectos consensuais no ensino das Ciências. Medrano Ureta (2001), independentemente de conceptualizar com fins educacionais um quadro epistemológico assente em mais do que duas perspectivas de Ciência, enfatiza esses aspectos consensuais.

Em terceiro lugar, a impossibilidade de se abandonar, neste estudo, perspectivas de orientação positivista, consideradas mais limitativas, em favor de perspectivas de orientação pós-positivista, uma vez que os resultados da investigação em educação em Ciências continuam a revelar a existência de imagens de orientação positivista nos manuais escolares (Duarte, 1999; Santos, 2001) e nas concepções de Ciência perfilhadas por professores e alunos (Carvalhinho, Cunha & Gomes, 2001; Gil Pérez y otros, 2001). Perante este último cenário, e assumindo-se que o presente estudo se dirige não só a investigadores em Didáctica das Ciências mas, também, a professores de Ciências e a autores de manuais escolares, considera-se necessário trazer para a discussão perspectivas de Ciência de orientação positivista, de

modo a que sirvam como elemento de suporte à reflexão acerca das limitações do quadro epistemológico que essas perspectivas configuram.

Uma versão prévia do quadro de análise explanado no quadro 1.1 foi submetida à apreciação de juízes. A versão aqui apresentada contempla as propostas de alteração, relacionadas com o número de dimensões consideradas, o número de perspectivas de Ciência definidas e a designação atribuída a cada uma delas.

Apresentação do *corpus* de análise

O *corpus* de análise inclui os seguintes documentos oficiais:

- Ciências Físicas e Naturais – Orientações Curriculares do 3º ciclo do Ensino Básico;
- Programa de Biologia e Geologia do 10º ano;
- Programa de Biologia e Geologia do 11º ano.

O primeiro documento focaliza-se nas duas disciplinas - *Ciências Naturais* e *Ciências Físico-Químicas* - que integram a área de Ciências Físicas e Naturais. Estrutura-se, basicamente, em duas secções: a primeira, *Introdução*, comum às duas disciplinas, integra a apresentação das razões que subjazem à estruturação do programa curricular, a especificação das competências essenciais para este nível de escolaridade – *Competências Específicas para a Literacia Científica a desenvolver durante o 3º Ciclo* - e a explicitação dos pressupostos subjacentes à regulação da aprendizagem – *Avaliação*; a segunda secção, *Temas Organizadores*, apresenta, em paralelo, os conteúdos específicos e as sugestões de actividades didácticas – *Experiências Educativas* - para cada uma das disciplinas de Ciências Naturais e de Ciências Físico-Químicas. Uma vez que as Ciências Naturais é a disciplina, do 3º ciclo do ensino Básico, em que se focaliza este estudo, as secções analisadas neste documento são: as comuns às duas disciplinas que o integram – *Ciências Naturais* e *Ciências Físico-Químicas* - e a específica da disciplina das Ciências Naturais.

Os *programas de Biologia e Geologia dos 10º e 11º anos de escolaridade* são dois documentos fisicamente separados. No entanto, o programa de 10º ano inclui capítulos que explicitam pressupostos comuns aos dois anos de escolaridade, quer para a componente de Geologia - *Apresentação do Programa de Geologia (10º e 11º anos)* - quer para a componente de Biologia – *Apresentação do Programa*. Este programa inclui ainda dois capítulos - *Desenvolvimento do programa* e *Bibliografia* - que são da mesma natureza dos únicos que corporizam o programa do 11º ano e cuja diferença está determinada pelos

conteúdos científicos próprios de cada ano de escolaridade. O capítulo *Desenvolvimento do programa* incide na apresentação de diversos elementos que enformam uma possível abordagem do conhecimento científico: (a) organização sequencial dos conteúdos; (b) *mapas e cartas de exploração*, isto é, esquemas ilustrativos da interrelação dos vários conteúdos; (c) propostas ao nível de formulação do conhecimento através da exemplificação do grau de aprofundamento do conhecimento substantivo e da indicação de possíveis objectivos do domínio procedimental e atitudinal e, ainda, (d) sugestões de actividades didácticas. Por fim, apresentam um capítulo constituído por uma bibliografia. Esta apresenta a particularidade de incluir, para cada livro enumerado, um breve comentário ilustrativo do foco temático de incidência.

Procedimento de recolha e análise de informação

A concretização da análise dos documentos oficiais considerados decorreu em três etapas:

- definição das dimensões de análise da natureza da Ciência;
- identificação e categorização dos segmentos de texto relativos à natureza da Ciência em função das dimensões anteriormente definidas;
- validação da categorização dos segmentos de texto;

As dimensões de análise foram definidas *à priori* e *à posteriori* em função da natureza de cada uma.

As dimensões referentes a pressupostos teóricos de carácter geral relativos ao ensino-aprendizagem da natureza da Ciência - (a) *papel da natureza da Ciência na Educação em Ciências*, (b) *contributo da natureza da Ciência na formação do indivíduo* e (c) *abordagens para a promoção da compreensão da natureza da Ciência* - emergiram da leitura dos documentos oficiais. Na dimensão (c) identificaram-se as actividades apresentadas explicitamente com o intuito de promover a compreensão da natureza da Ciência e as propostas de actividades laboratoriais, uma vez que estas também contribuem, implícita ou explicitamente, para a construção de uma imagem da natureza da Ciência. A opção pela inclusão da referência às actividades laboratoriais decorre da importância que este tipo de actividades assume no processo de ensino-aprendizagem das Ciências, reconhecida por todos os actores que nele intervêm. A natureza das actividades laboratoriais foi definida em função do objectivo primordial subjacente à sua implementação – *a promoção do conhecimento*

substantivo, processual e epistemológico – que parece emergir da análise dos enunciados em que são propostas, tendo em consideração que são estes os principais objectivos expressos em algumas tipologias de actividades laboratoriais (v. Coelho da Silva y Leite, 1997; Leite, 2001).

As dimensões da natureza da Ciência consideradas – (1) *Processo de criação científica*, (2) *Contexto da actividade científica*, (3) *Estatuto da Teoria e da Observação*, (4) *Evolução do conhecimento científico* e (5) *Estatuto epistemológico do conhecimento científico* - foram definidas *à priori*, a partir da consulta de literatura focalizada no domínio da epistemologia da Ciência.

A segunda etapa consistiu na identificação e categorização dos segmentos de texto dos documentos oficiais relativos à natureza da Ciência, através de um processo de análise de conteúdo. Os segmentos de texto identificados como unidades de análise correspondem a excertos nos quais é possível verificar a presença das dimensões consideradas, podendo coincidir com uma frase, um parágrafo ou um conjunto de parágrafos. Deste modo, a extensão da unidade de análise é variável. A identificação e categorização dos segmentos de texto referentes a pressupostos de carácter geral relativos ao ensino-aprendizagem da natureza da Ciência efectuaram-se em simultâneo à definição das dimensões de análise. No quadro 1.2 apresentam-se alguns exemplos ilustrativos desta categorização.

Quadro 1.2: Categorização de pressupostos gerais do ensino-aprendizagem da natureza da Ciência, nos currículos de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia (exemplo)

Segmentos de texto	DE	I	MD	RH
“O desenvolvimento de um conjunto de competências que se revelam em diferentes domínios, tais como o conhecimento (substantivo, processual, <u>epistemológico</u>), o raciocínio, a comunicação e as atitudes, <u>é essencial para a literacia científica</u> .” (Galvão y otros, 2002, p. 7 - Ciências Físicas e Naturais - Orientações Curriculares do 3º Ciclo)	X	X		
“(…) atribuir um especial destaque à <u>História da Ciência</u> , em particular no <u>suporte de estratégias de ensino baseadas em exemplos históricos</u> .” (Amador y otros, 2001, p. 12 - Programa de Biologia e Geologia, 10º ano - SECÇÃO: 1. Apresentação do Programa de Geologia)				X
“ <u>Debates</u> previamente preparados pelos alunos sobre alguns temas polémicos, como a astrologia e a astrogeologia ou a ética e a exploração espacial, podem também facilitar a integração de vários conceitos, assim como permitir compreender os diversos factores que influenciam o desenvolvimento do conhecimento científico.” (Amador y otros, 2001, p. 43 - Programa de Biologia e Geologia, 10º ano – SECÇÃO: 2. Desenvolvimento do programa)			X	

Legenda: DE: Referência geral à natureza da Ciência como um objectivo/uma dimensão da Educação em Ciências; I: Importância da natureza da Ciência; MD: Modos de desenvolvimento da natureza da Ciência; RH: Recurso à História da Ciência

A identificação e categorização dos segmentos de texto relativos às dimensões da natureza da Ciência basearam-se nos atributos previamente definidos para cada dimensão (quadro 1.1). No quadro 1.3 apresentam-se alguns exemplos ilustrativos desta categorização.

Quadro 1.3: Categorização dos segmentos de texto alusivos às dimensões da natureza da Ciência nos currículos de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia (exemplo)

Segmentos de texto	PC	TO	EE	EC	CA
“Conhecimento epistemológico - propõe-se a análise e debate de relatos de descobertas científicas, nos quais se evidenciem <u>êxitos e fracassos</u> , persistência e <u>formas de trabalho de diferentes cientistas</u> , <u>influências da sociedade sobre a Ciência</u> , possibilitando ao aluno <u>confrontar, por um lado, as explicações científicas com as do senso comum, por outro a ciência, a arte e a religião</u> ” (Galvão y otros, 2002, p. 7 - Ciências Físicas e Naturais - Orientações Curriculares do 3º Ciclo - SECCÃO: Competências Específicas para a Literacia Científica a desenvolver durante o 3º Ciclo)	X		X	X	X
No programa de Geologia são valorizados os conteúdos procedimentais relativos a “interpretação de informação, <u>utilizando modelos teóricos que permitam atribuir sentido aos dados recolhidos</u> ” (Amador y otros, 2001, p. 10 - Programa de Biologia e Geologia, 10º ano - SECCÃO: Introdução – 1.3. Competências a desenvolver)		X			
Conteúdos atitudinais: “Reconhecimento de que o <u>avanço científico-tecnológico é condicionado por contextos (ex. sócio-económicos, religiosos, políticos...)</u> , <u>geradores de controvérsias, que podem dificultar o estabelecimento de posições consensuais</u> .” (Amador y otros, 2001, p. 11 - Programa de Biologia e Geologia, 10º ano - SECCÃO: Unidade 7 - Evolução biológica)				X	X

Legenda: PC: Processo de Criação Científica; TO: Estatuto da Teoria e da Observação; EE: Estatuto Epistemológico do Conhecimento Científico; EC: Evolução do Conhecimento Científico; CA: Contexto da Actividade Científica.

A fase final desta etapa consistiu na contagem frequencial dos segmentos de texto referentes a cada dimensão. Note-se que o mesmo segmento de texto pode incluir a referência a mais do que uma dimensão.

A natureza das actividades laboratoriais foi classificada em função do objectivo primordial subjacente à sua implementação – *promoção do conhecimento substantivo, processual e epistemológico* – com base na análise de conteúdo dos segmentos de texto que as apresentam. O quadro 1.4 apresenta alguns exemplos.

Quadro 1.4: Exemplificação das propostas de actividades laboratoriais

Objectivo evidenciado	Segmentos de texto
Promoção da compreensão do conhecimento epistemológico	“Sugere-se para este tema a realização de uma actividade experimental enquadrada por um episódio da história da Geologia” (Amador y otros, 2001, p. 31 - Programa de Biología e Geologia, 10º ano - SECCÃO: 2.2.2. Módulo inicial, Tema I: A Geologia, os Geólogos e os seus métodos) “A utilização de V de Gowin pelos alunos poderá ser uma ferramenta heurística, integradora das dimensões conceptual e metodológica envolvidas na construção destes conceitos.” (Mendes y Amador, 2003, p. 7 - Programa de Biología e Geologia, 11º ano - SECCÃO: Unidade 5 – Crescimento e renovação celular)
Promoção da compreensão dos conhecimentos substantivo e processual	“A realização de actividades experimentais para a dissecações de alguns órgãos possibilita, não só o conhecimento mais pormenorizado de características morfológicas e fisiológicas desses órgãos mas também o manuseamento de material de laboratório que se utiliza preferencialmente nestas actividades.” (Galvão y otros, 2002, p. 36 – Ciências Físicas e Naturais - Orientações Curriculares do 3º Ciclo – SECCÃO: Experiências Educativas – Organismo humano em equilíbrio)
Promoção da compreensão do conhecimento substantivo	“No âmbito do estudo desta temática podem também ser realizadas actividades experimentais para a observação, por exemplo, da influência da luz no desenvolvimneto das plantas.” (Galvão y otros, 2002, p. 24 – Ciências Físicas e Naturais - Orientações Curriculares do 3º Ciclo – SECCÃO: Experiências Educativas – Ecossistemas)

Com o intuito de assegurar a validade da categorização dos segmentos de texto executaram-se duas tarefas: (1) categorização dos segmentos de texto pelo próprio investigador em dois momentos distintos, com o intervalo de um ano, no sentido de avaliar a concordância de critérios em função do tempo e (2) análise da concordância desta última categorização com as efectuadas, de modo independente, por dois professores dos ensinos Básico e Secundário (um do 11º grupo B – Biología e Geologia - e outro do 4º grupo A – Física e Química). Previamente, foi discutido com estes professores o significado de cada uma das dimensões de análise. Verificou-se que as diferenças encontradas entre as várias categorizações são pontuais.

Apresentação e análise de resultados

Os quadros 1.5, 1.6 e 1.7 apresentam os princípios teóricos relativos à natureza da Ciência, explicitados nos documentos oficiais orientadores do processo de ensino-aprendizagem para as disciplinas de Ciências Naturais e de Biología e Geologia: *Ciências*

Físicas e Naturais – Orientações Curriculares do 3º Ciclo (CN) e Programas de Biologia e Geologia dos 10º e 11º anos de escolaridade (B+G). Nestes quadros, está também indicado o número de enunciados apresentados nos vários documentos, correspondente a cada um dos princípios teóricos.

O quadro 1.5 apresenta os princípios relativos a: (a) papel da natureza da Ciência na Educação em Ciências e (b) contributo da natureza da Ciência na formação do indivíduo.

Quadro 1.5: Princípios teóricos relativos à natureza da Ciência nos currículos de Ciências Naturais e da Biologia e Geologia

PRINCÍPIOS TEÓRICOS	CN 3º Ciclo	B+G 10º Ano	B+G 11º Ano
A natureza da Ciência é uma dimensão da Educação em Ciências	2	3 1+2	1 0+1
A natureza da Ciência contribui para a: - promoção da literacia científica do cidadão. A literacia científica é essencial ao exercício pleno da cidadania.	1 1		

Nota: Os números assinalados a “bold” representam o somatório dos enunciados do respectivo princípio.

A natureza da Ciência é apontada como uma dimensão da Educação em Ciências para os vários anos de escolaridade do 3º ciclo do ensino Básico e do ensino Secundário:

“Num primeiro nível desenvolve-se cada um dos temas organizadores, através de dois conjuntos de questões de partida: um de abordagem mais geral, que implica, por vezes, a natureza da Ciência e a do conhecimento científico; o outro de abordagem mais específica. Os dois conjuntos de questões relacionam-se com os conteúdos abordados nas duas disciplinas.” (Galvão y otros, 2002, p. 6; sublinhado nosso)

“a Ciência deve ser apresentada como um conhecimento em construção, dando-se particular importância ao modo de produção destes saberes, reforçando-se a ideia de um conhecimento científico em mudança e explorando, ao nível das aulas, a natureza da Ciência e da investigação científica” (Amador y otros, 2001, p. 7, sublinhado nosso)

Este princípio está patente não só nestas indicações explícitas mas também na especificação de outros princípios, principalmente, nos atributos caracterizadores da natureza da Ciência (v. quadro 1.6).

O contributo da natureza da Ciência na formação do indivíduo está referido apenas no documento que estabelece as orientações para o ensino-aprendizagem do 3º ciclo do ensino Básico: *Ciências Físicas e Naturais – Orientações Curriculares do 3º Ciclo*. É uma indicação bastante sucinta pois está limitada a apenas uma referência de âmbito geral - *Promoção da literacia científica. A literacia científica é essencial ao exercício pleno da cidadania*. A compreensão deste princípio está dependente dos significados atribuídos a *literacia científica* e a *exercício da cidadania* e da relação estabelecida entre eles. A compreensão do contributo da natureza da Ciência no desenvolvimento da literacia científica vê-se condicionada pela multiplicidade de significados que o próprio conceito de literacia científica pode englobar (Dreyfus, 1996; Bybee, 1997; DeBoer, 2000; Laugksch, 2000; Hand y otros, 2003; Norris y Phillips, 2003). O entendimento deste conceito, dependendo da perspectiva mobilizada, poderá conduzir a uma visão mais ou menos redutora da importância da natureza da Ciência. O seu significado ultrapassa a mera detenção de conhecimento substantivo e avança para a capacidade do cidadão na mobilização do conhecimento científico, através das suas várias vertentes (substantiva, processual e epistemológica), em debates e na resolução de problemáticas de natureza sociocientífica, típicas desta sociedade contemporânea. É esta participação activa do cidadão que subjaz ao entendimento do exercício pleno da cidadania. O desenvolvimento de competências promotoras do exercício de uma cidadania crítica é também uma finalidade do ensino da Biologia e Geologia nos 10º e 11º anos de escolaridade:

“o programa não deve ser apenas pensado e dirigido para alunos que possam seguir uma carreira profissional nestas áreas, mas também para indivíduos a quem a sociedade exige, cada vez mais, uma participação crítica e interventiva na resolução de problemas baseados em informação e métodos científicos.” (Amador y otros, 2001, p. 4)

Perante esta semelhança com o ensino Básico, é possível admitir a transposição para o ensino Secundário do papel apontado para a natureza da Ciência no primeiro nível de ensino. Assim, no ensino Secundário, a abordagem da natureza da Ciência também contribuirá para o desenvolvimento do exercício pleno de uma cidadania crítica. Contudo, dado que o ensino Secundário assenta numa formação que espelha já um certo grau de especialização, em oposição ao ensino Básico que aponta para uma formação generalista, seria de esperar a indicação de finalidades diferentes para a natureza da Ciência nos dois níveis de ensino. O aluno do ensino Secundário, para além do papel interventivo que deverá assumir na discussão e resolução de problemáticas públicas, poderá prosseguir estudos de natureza científica e, então, vir a exercer uma actividade de investigação científica. Este é também um dos

pressupostos em que assenta a estruturação e organização dos programas de Biologia e Geologia dos 10º e 11º anos de escolaridade, como mostra o excerto acima transcrito. Neste sentido, a natureza da Ciência também deverá contribuir para o desenvolvimento das competências necessárias ao desempenho da actividade profissional. Esta perspectiva não está reflectida em nenhum dos programas do ensino Secundário.

Se nas problemáticas de natureza sociocientífica, a natureza da Ciência é uma das dimensões do conhecimento científico que poderá contribuir para a sua compreensão e para a fundamentação de opiniões sobre elas, verifica-se, em todos os documentos oficiais, a ausência da especificação da natureza deste possível contributo.

O quadro 1.6 especifica as dimensões da natureza da Ciência e os respectivos atributos assumidos nos documentos oficiais orientadores do processo de ensino-aprendizagem.

Quadro 1.6: Dimensões da natureza da Ciência preconizadas para o ensino das Ciências Naturais e da Biologia e Geologia nos documentos oficiais

Dimensões/Atributos da natureza da Ciência	CN 3º Ciclo	B+G 10º Ano	B+G 11º Ano
Processo de Criação Científica	1	5	1
- Indicação sem explicitação dos processos envolvidos		1+3	0+1
- A observação directa e a experimentação não possibilitam a testagem de hipóteses interpretativas de alguns fenómenos geológicos.		0+1	
- Diversidade de formas de trabalho dos cientistas	1		
Contexto da Actividade Científica	6	2	3
- Contextos social, cultural, político, religioso, tecnológico, económico	5	1+1	1+1
- Trabalho interdisciplinar	1		1+0
Estatuto da Teoria e da Observação		3	2
- Interpretação de dados em função de quadros teóricos		0+3	1+1
Evolução do Conhecimento Científico	3	10	4
- Carácter temporal e dinâmico/carácter inacabado	2	0+8	1+1
- Controvérsias/Polémicas		0+2	2+0
- Êxitos e fracassos	1		
Estatuto Epistemológico do Conhecimento Científico	1		1
- Confronto das explicações científicas com as do senso comum; Confronto da Ciência com a Arte e a Religião	1		1+0

Nota: Os números assinalados a “bold” representam o somatório dos enunciados da respectiva dimensão.

É através dos atributos da natureza da Ciência que se identifica a perspectiva de Ciência defendida uma vez que, para além deles, não existe a sua indicação precisa. Os programas de

Geologia dos 10º e 11º anos incluem como um objectivo “promover uma imagem de ciência coerente com as perspectivas actuais” (Amador y otros, 2001, p. 8). No entanto, em nenhum momento, denominam qualquer perspectiva de Ciência. Os atributos listados no quadro 1.6 apontam, claramente, para uma perspectiva de Ciência de cariz pós-positivista, concordante com perspectivas epistemológicas actuais.

A análise deste quadro mostra que, à excepção da dimensão “*Estatuto epistemológico do conhecimento científico*”, é preconizada a abordagem das restantes dimensões da natureza da Ciência em todos os anos de escolaridade:

1. Processo de Criação Científica;
2. *Contexto da Actividade Científica*;
3. Estatuto da Teoria e da Observação;
4. *Evolução do Conhecimento Científico*.

As dimensões da natureza da Ciência assinaladas a itálico, “*Contexto da Actividade Científica*” e “*Evolução do Conhecimento Científico*”, são as que surgem com maior destaque, respectivamente, nas Orientações Curriculares do 3º ciclo e na Componente de Geologia do Programa de Biologia e Geologia do 10º ano de escolaridade. Assim, no 3º ciclo é enfatizado o contexto de descoberta da actividade científica através da valorização dos factores de ordem social, cultural, económico, político, religioso e tecnológico que caracterizam o cenário de produção científica. Na componente de Geologia do 10º ano de escolaridade, a ênfase assenta na imagem de Ciência como um conhecimento temporal, dinâmico e inacabado em detrimento da projecção de modelos de progresso do conhecimento científico.

A interpretação de dados empíricos orientada por quadros teóricos é enfatizada na componente de Geologia do programa de Biologia e Geologia do 10º ano de escolaridade. Tendo em conta o papel relevante da teoria na consecução das várias fases do processo de construção do conhecimento científico, esta dimensão deveria estar claramente enfatizada nos vários documentos orientadores do processo de ensino-aprendizagem, não só nas secções de carácter geral mas também nas secções de sugestões de actividades didácticas.

A dimensão – *Estatuto Epistemológico do Conhecimento Científico* – é proposta para exploração no 3º ciclo do ensino Básico e na componente de Biologia do 11º ano de escolaridade. No 3º ciclo, a referência a esta dimensão é efectuada numa secção de orientação geral, consequentemente, sem ligação a qualquer assunto específico das áreas da Biologia e

da Geologia. No 11º ano, o confronto de argumentos de natureza científica e religiosa desenrola-se no contexto de uma única temática da área da Biologia – “*Evolução Biológica*”:

“Construção de opiniões fundamentadas sobre diferentes perspectivas científicas e sociais (filosóficas, religiosas ...) relativas à evolução dos seres vivos.” (Mendes & Amador, 2003, p. 12)

É uma temática propícia à análise do estatuto epistemológico do conhecimento científico pois é nela que se discute uma perspectiva de natureza religiosa explicativa da origem da vida – o *Criacionismo*. Esta análise assume particular relevância no contexto de um movimento surgido nos Estados Unidos, na década de 70 e ainda actual, que atribui ao Criacionismo o estatuto de uma teoria científica (v. Raven y Johnson, 1999).

Se é importante que o cidadão visualize a cultura como um todo que integra as culturas científica e humanística e, desta forma, se promova a compreensão da importância da Ciência e de outras formas de conhecimento na vivência do cidadão na sociedade actual, então, esta deveria também ser uma dimensão de carácter eminentemente transversal, presente nos vários anos de escolaridade e claramente expressa nas sugestões de actividades didácticas. Assumindo que o capital cultural do aluno se enriquece à medida que a formação progride, decorrente do aprofundamento de determinadas matérias de natureza científica e humanística e da abordagem de outras áreas de conhecimento, como, por exemplo, a Filosofia, área que no 11º ano contempla a natureza da Ciência como um tema didáctico (Almeida, 2001), o *Estatuto Epistemológico do Conhecimento Científico* é uma dimensão cuja exploração lucrará significativamente com este enriquecimento.

A dimensão – *Processo de Criação Científica* – assume maior relevo na componente de Geologia do 10º ano de escolaridade. Resulta, fundamentalmente, da enunciação da existência de processos de trabalho específicos da investigação em Geologia, justificada pela natureza específica desta área de conhecimento, mas sem a apresentação de qualquer exemplo. Simultaneamente à valorização da observação e da experimentação na recolha de dados, encontra-se uma referência que poderá contribuir para a reconstrução da imagem do processo de criação científica assente apenas na observação e experimentação:

“como a maior parte dos processos geológicos, numa perspectiva humana, são extraordinariamente lentos e imperceptíveis, os geólogos não podem, muitas vezes, testar as suas hipóteses através da observação directa ou da experimentação” (Amador y otros, 2001, p. 22)

Está também evidenciada a importância da mobilização de quadros teóricos na atribuição de significado aos dados recolhidos.

No quadro 1.7 estão listadas as propostas de actividades orientadas para a compreensão da natureza da Ciência.

Quadro 1.7: Actividades orientadas para a compreensão da natureza da Ciência propostas nos currículos de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia

ACTIVIDADES	CN 3º Ciclo	B+G 10º Ano	B+G 11º Ano
A compreensão da natureza da Ciência é promovida através de actividades didácticas de essência diversificada			
a) <u>Actividades apresentadas explicitamente com esse fim</u>	7	7	5
- Recolha, selecção, análise, organização e comunicação de informação		0+2	
- Discussão/debates de assuntos controversos/polémicos	1	0+3	
- Reflexão crítica, Aceitação do erro e incerteza, Reformulação do trabalho	1		
- Investigação, Pesquisa, Resolução de problemas	1		1+0
- Projectos interdisciplinares	1		
- Utilização do V de Gowin			1+0
- Recurso à História da Ciência			
* Indicação sem explicitação do modo de exploração			2+0
* Análise/debate de relatos de descobertas científicas	2	0+1	
* Desenvolvimento de actividades experimentais enquadradas por episódios da História da Ciência		0+1	
* Pesquisa de informação sobre o trabalho de cientistas	1		
b) <u>Actividades que implicitamente contribuem para esse fim</u>			
- Actividades laboratoriais	4	12+0	0+2

Nota: Os números assinalados a “bold” representam o somatório dos enunciados da respectiva categoria.

Os documentos dos vários anos de escolaridade incluem propostas de actividades de natureza diversificada destinadas à promoção da compreensão da natureza da Ciência. Apontam no sentido de uma perspectiva de ensino-aprendizagem assente na pluralidade metodológica (v. Cachapuz, Praia y Jorge, 2002). É esta perspectiva que um grupo de investigadores, no qual se inclui a coordenadora da equipa responsável pela concepção do documento oficial destinado ao 3º ciclo do ensino Básico, concretiza num conjunto de propostas orientadas para o desenvolvimento de competências não só do domínio do

conhecimento epistemológico mas também de outros domínios do ensino das Ciências (v. Galvão y otros, 2006).

O quadro 1.6 mostra algumas diferenças entre o número e tipo de sugestões apresentadas. Assim, o maior número de ocorrências concentra-se nas Orientações Curriculares do 3º ciclo e no programa de 10º ano de escolaridade. No entanto, a maior diversidade de propostas encontra-se nas Orientações Curriculares do 3º ciclo, apontando, deste modo, para o desenvolvimento de um maior número de competências.

A natureza progressivamente especializada dos vários anos de escolaridade acarreta níveis de formulação com grau de complexidade crescente. Seria de esperar que a natureza da Ciência, entendida como um tópico transversal, acompanhasse esta evolução. A leitura comparativa dos vários documentos não possibilita chegar a qualquer conclusão.

Importa, agora, analisar a relação das abordagens sugeridas com as dimensões da natureza da Ciência passíveis de serem desenvolvidas. É de anotar, a ausência de explicitação dessa relação relativamente às seguintes propostas:

- Recolha, selecção, análise, organização e comunicação de informação;
- Reflexão crítica, Aceitação do erro e incerteza, Reformulação do trabalho;
- Investigação, Pesquisa, Resolução de problemas;
- Projectos interdisciplinares;
- Recurso à História da Ciência: Desenvolvimento de actividades experimentais enquadradas por episódios da História da Ciência.

Em seguida, descrevem-se as relações explicitadas entre as abordagens propostas e a natureza da Ciência. Relativamente às abordagens em que esta relação não está registada, apontar-se-ão algumas potencialidades passíveis de emergir da sua implementação.

As propostas - *Recurso à História da Ciência: Análise/debate de relatos de descobertas científicas e Pesquisa de informação sobre o trabalho de cientistas; Discussão/debates de assuntos controversos/polémicos* – são apresentadas com o intuito de promover a compreensão da Ciência como uma actividade humana influenciada por factores de ordem social. Algumas propostas de – *Análise/debate de relatos de descobertas científicas* – apontam ainda para a compreensão da inexistência de um procedimento de trabalho único, do carácter dinâmico da Ciência e, através da confrontação Ciência/Arte/Religião, do estatuto epistemológico do conhecimento científico. Destas propostas, apenas três estão associadas a conteúdos científicos concretos: Geocentrismo/Heliocentrismo (Ciências Naturais – 7º ano), Deriva dos Continentes e Tectónica de Placas (7º ano) e Idade da Terra (Geologia – 10º ano).

Na componente de Geologia do 10º ano, algumas sugestões evidenciam a interligação entre as abordagens - *Discussão/debates de assuntos controversos/polémicos* e *Recolha, selecção, análise e organização de informação* - em que a segunda constitui uma via preparatória da primeira.

A proposta - *Desenvolvimento de actividades experimentais enquadradas por episódios da História da Ciência* – poder-se-á aproximar das várias dimensões da natureza da Ciência por se poder focalizar quer no contexto de justificação quer no contexto de descoberta da actividade científica. A perspectiva de Ciência defendida actualmente aponta para a valorização dos dois contextos. A História da Ciência é um recurso por excelência para a promoção da compreensão da natureza da Ciência desde que seja objecto de exploração explícita, conforme tem sido defendido por alguns investigadores (v. Lederman, 2004). As propostas apresentadas pelos documentos oficiais aproximam-se desta perspectiva.

A proposta - *Utilização do V de Gowin* – é a única que, através da indicação das suas potencialidades educativas - *uma ferramenta integradora das dimensões conceptual e metodológica* -, enfatiza o papel da teoria na interpretação de dados empíricos. Embora seja esta a única sugestão de actividade laboratorial que explicitamente aponta para o processo de construção do conhecimento científico, todas as outras apresentam a potencialidade de concorrerem implicitamente para a construção de uma imagem de Ciência. Este facto aliado à importância que tradicionalmente é atribuída ao trabalho laboratorial no ensino das Ciências justificam que seja dada atenção às várias propostas apresentadas. Importa, então, analisar em que medida as propostas apresentadas indiciam uma perspectiva de Ciência de cariz positivista ou pós-positivista. Em primeiro lugar, é necessário assinalar a diferenciação do número de propostas de actividades laboratoriais entre os vários documentos oficiais. Esta diferenciação parece relacionar-se com as variáveis «nível de escolaridade» e «domínio científico». Assim, no 3º ciclo apenas são apresentadas propostas na área da Biologia, num total de quatro. No ensino secundário, o número de propostas predomina significativamente na área de Biologia: 12 propostas no 10º ano e 5 propostas no 11º ano. Na área da Geologia, encontram-se apenas duas sugestões no 11º ano, mas da mesma natureza - “Observação de amostras de mão de diferentes minerais acompanhadas de observações ao microscópio petrográfico de lâminas delgadas” (Mendes y Amador, 2003, pp. 32 e 34). A ausência de explicitação dos pressupostos teóricos inerentes às propostas apresentadas dificulta a percepção da perspectiva de Ciência que lhes está subjacente. Constata-se, então, a sugestão de diversas actividades nos vários anos de escolaridade que apelam para competências diferenciadas. São estas sugestões que se analisam em seguida.

As actividades laboratoriais propostas no 3º ciclo apontam preferencialmente para o desenvolvimento do conhecimento substantivo, como ilustra o seguinte exemplo:

“Os alunos devem conhecer a localização do material genético na célula, o que pode ser conseguido com recurso a esquemas da constituição celular; podem também ser realizadas actividades experimentais para a observação microscópica do núcleo de células animais e vegetais, complementadas com imagens obtidas ao microscópio electrónico.” (Galvão, 2002, p. 34)

No entanto, três das actividades propostas apresentam particularidades que conferem diferentes finalidades ao trabalho laboratorial. Uma proposta aponta, em simultâneo, para o desenvolvimento dos conhecimentos substantivo e processual:

“A realização de actividades experimentais para a dissecação de alguns órgãos possibilita, não só o conhecimento mais pormenorizado de características morfológicas e fisiológicas desses órgãos, mas também o manuseamento de material de laboratório que se utiliza preferencialmente nestas actividades.” (Galvão y otros, 2002, p. 36)

Uma outra proposta pode sugerir uma perspectiva de pendor indutivista, uma vez que o ponto de partida para a realização da actividade laboratorial parece assentar na observação e dada a ausência de referência a um quadro teórico em que se deve inserir a observação:

“No âmbito do estudo desta temática podem também ser realizadas actividades experimentais para a observação, por exemplo, da influência da luz no desenvolvimento das plantas.” (Galvão y otros, 2002, p. 24)

A terceira proposta parece preconizar o envolvimento do aluno na planificação de actividades laboratoriais, no entanto, o poder de decisão que lhe é conferido é bastante limitado. Neste exemplo, a intervenção do aluno na construção da actividade laboratorial está restringida à preparação do material biológico, indispensável à sua consecução:

“Sugere-se a realização de actividades experimentais, com utilização do microscópio, para que os alunos observem microorganismos (a preparação de infusões serve este propósito e envolve os alunos na concepção e desenvolvimento das actividades).” (Galvão y otros, 2002, p. 13)

Nos programas de 10º e 11º anos de escolaridade, a maioria das propostas de actividades laboratoriais aponta para o envolvimento efectivo do aluno na planificação da própria actividade laboratorial seguida da sua execução:

“No estudo dos processos de transporte ao nível da membrana celular, suas características, potencialidades e limitações, a ultraestrutura da membrana e a natureza das substâncias a transportar devem servir como fio integrador. O estudo destes conteúdos proporciona a planificação e execução de actividades laboratoriais simples, pelos alunos, que podem ser concebidas com diferentes graus de abertura.” [10º ano] (Amador y otros, 2001, p. 81)

“Planificar e executar actividades laboratoriais e experimentais.” [11º ano] (Mendes y Amador, 2003, p. 8)

Há ainda outras sugestões metodológicas relacionadas com o trabalho laboratorial que apontam apenas para a interpretação de procedimentos experimentais. A execução deste tipo de actividades implica a reflexão sobre as razões que orientaram a construção do protocolo laboratorial, o confronto e discussão de diferentes propostas e a reestruturação da actividade quando necessário. Desta forma, poderão ser exploradas com o intuito de promover a compreensão da actividade laboratorial como um processo não linear.

Salientam-se, em seguida, outras propostas que possibilitam a exploração de algumas características inerentes ao processo de criação científica. Na componente de Biologia, do programa de 11º ano, encontra-se uma proposta que poderá ser explorada no sentido de promover a compreensão da investigação científica como uma actividade que não está confinada a actividades laboratoriais isoladas mas que as conjugam com actividades de outra natureza:

“Planificação e concretização de actividades práticas para estudo do processo de mitose (ex. utilizando vértices vegetativos de raízes de *Allium* ou *Pisum* como material biológico). Recomenda-se que os alunos tomem parte activa nas diversas etapas de decisão e execução; assim, deverão participar na identificação de tecidos onde supostamente ocorrem mitoses, na avaliação de dificuldades inerentes à obtenção e cultura, bem como na pesquisa bibliográfica que permita seleccionar protocolos e apoiar a interpretação das imagens microscópicas que venham a ser obtidas.” (Mendes y Amador, 2003, p. 7)

Uma outra proposta didáctica, também no domínio da Biologia e no mesmo ano de escolaridade da anterior, poderá ser utilizada para a promoção da compreensão da importância da tecnologia na investigação científica, particularmente nas vantagens decorrentes da automatização da leitura de dados:

“planificar e executar actividades laboratoriais de natureza experimental que permitam pôr em prática procedimentos de propagação vegetativa; recomenda-se a valorização de processos de manipulação e controlo de variáveis simples, como temperatura, humidade, ..., bem como

discussão da importância das réplicas nos trabalhos experimentais; a utilização de sensores pode ser uma mais valia na monitorização das variáveis em estudo.” (Mendes y Amador, 2003, p. 9)

É natural que o papel da teoria na interpretação de dados esteja vinculado à proposta de utilização do V de Gowin, uma vez que este se caracteriza por uma estrutura facilitadora da integração dos lados conceptual e metodológico, no entanto, também é possível promover essa interacção através das actividades atrás mencionadas. Nestas, é claramente possível a inclusão de princípios teóricos orientadores da análise dos dados, conforme ilustram alguns exemplos já apresentados na literatura.

No programa de 10º ano, existem ainda outras sugestões metodológicas que assentam na interpretação de dados de natureza experimental. Não dão qualquer indicação relativa à origem destes dados, isto é, se são recolhidos pelo aluno ou se lhe são fornecidos. O extracto seguinte exemplifica esse tipo de sugestões:

“Interpretar dados experimentais de modo a compreender que os seres autótrofos sintetizam matéria orgânica na presença da luz.” (Amador y otros, 2001, p. 80)

Estas propostas, como já se assinalou na análise de uma actividade laboratorial para o 3º ciclo, poderão sugerir uma perspectiva de pendor indutivista, uma vez que não é clarificada a necessidade de um quadro teórico orientador da interpretação dos dados.

Em síntese, o trabalho laboratorial é valorizado nos vários anos de escolaridade, apresenta pontos de contacto com as recomendações da investigação em Educação em Ciências, reflectindo, assim, a importância que lhe é reconhecida pela investigação. No entanto, em nenhum documento é definida qualquer relação entre ele e a natureza da Ciência.

A maioria das abordagens propostas parece apontar para a implementação de uma pedagogia para a autonomia na medida em que exige ao aluno a tomada de decisão a diferentes níveis. Implicam o desenvolvimento de competências que estão envolvidas no processo de criação científica e que contribuirão para a promoção de uma atitude científica. A definição de planos de trabalho e de estratégias de resolução de problemas, a pesquisa e comunicação de informação, o discurso argumentativo, a capacidade de apreciar diferentes perspectivas e a reflexão crítica são competências que poderão emergir da implementação das sugestões apontadas. Esta leitura é reforçada pela análise crítica, desenvolvida por Marques (2001), dos documentos preparatórios que estiveram na origem da componente de Geologia do programa do 10º ano de escolaridade. Este investigador sublinha a emergência de uma

nova perspectiva de ensino e de um papel para o aluno em que a reflexividade ganha protagonismo. Nesta mesma linha, está também o papel de Professor-Investigador preconizado para o professor na componente de Geologia dos programas de 10º e 11º anos de escolaridade:

“Sugere-se que a partir das sugestões metodológicas apresentadas para cada tópico sejam elaborados materiais didáticos por equipas de professores, submetidos, depois de produzidos, a uma constatação experimental que vise a sua avaliação e melhoria, adquirindo também, desta forma, o trabalho do professor uma componente de trabalho cooperativo e investigativo.” (Amador y otros, 2001, p. 13)

Note-se que o desenvolvimento do pensamento crítico dos alunos e a reflexão dos professores sobre o impacto das suas práticas lectivas na aprendizagem dos alunos não são tarefas exclusivas na abordagem da natureza da Ciência mas são aplicáveis na exploração de qualquer dimensão do ensino das Ciências.

Conclusões

A natureza da Ciência é apontada nos documentos oficiais como uma dimensão da Educação em Ciências. Está vinculada a uma perspectiva de cariz pós-positivista. A provisionalidade do conhecimento científico e a contextualização da construção da Ciência numa dada época são os atributos mais valorizados. Ressalta-se a ausência de elementos clarificadores dos processos de investigação científica e que facilitem a transposição das perspectivas epistemológicas actuais para o ensino das Ciências.

A natureza da Ciência está claramente evidenciada no documento «Ciências Físicas e Naturais – Orientações Curriculares do 3º Ciclo», destacada através da designação “Conhecimento Epistemológico”, enquanto que nos programas dos 10º e 11º anos de escolaridade ganha expressão através de um conjunto de enunciados dispersos pelas várias secções. Deste modo, em textos tão longos como são estes documentos, a natureza da Ciência dilui-se no seio de toda a informação e torna-se pouco visível. Uma nova estruturação dos documentos oficiais, que não dispensa uma listagem de conteúdos, construída em redor das dimensões da Educação em Ciências, tornando mais visível os princípios teóricos defendidos e a sua relação com práticas lectivas, em detrimento de uma organização estruturada em torno de um repositório de conteúdos, poderá facilitar a compreensão das finalidades do ensino das Ciências.

Não fica claro da leitura dos documentos oficiais, a existência de um posicionamento quanto a uma abordagem diferenciada da natureza da Ciência ao longo dos vários anos de escolaridade.

A leitura efectuada também não detectou, quer nos documentos que correspondem a uma formação de âmbito mais generalista (escolaridade obrigatória – 3º ciclo) quer naqueles que se direccionam para uma formação já com um certo grau de especialização (ensino secundário), qualquer referência à importância da natureza da Ciência orientada para os cidadãos que pretendem enveredar por carreiras profissionais de natureza marcadamente científica.

O trabalho laboratorial é uma das propostas educativas para os vários anos de escolaridade, mas com maior incidência na componente de Biologia do ensino Secundário. Inclui sugestões passíveis de contribuir para a operacionalização da natureza da Ciência em concordância com as perspectivas epistemológicas actuais. No entanto, não está transparente em nenhum documento a natureza desse contributo.

Os principais conteúdos em que se focalizam as propostas de exploração da natureza da Ciência são:

- Geocentrismo e Heliocentrismo (7º e 10º anos);
- Deriva dos Continentes e Tectónica de Placas (7º e 10º anos);
- Lamarckismo, Darwinismo e Neodarwinismo (11º ano).

Assim, a escolha dos assuntos para a operacionalização da natureza da Ciência parece estar relacionada com a sua especificidade temática. São assuntos que tradicionalmente incluem elementos de natureza Histórica.

Partindo do pressuposto que a construção de uma imagem de Ciência decorre das aprendizagens efectuadas ao longo da exploração dos vários conteúdos de uma disciplina e nas diferentes disciplinas da área das Ciências, então, a natureza da Ciência deverá ser encarada como um tópico distinto dos outros que enformam as várias disciplinas e ser objecto de exploração explícita mas em conjugação com os temas específicos das várias áreas das Ciências – Biologia, Geologia, Física e Química. É neste sentido que apontam as recomendações da investigação em educação em Ciências ao defenderem a perspectiva “*explícita*” de abordagem da natureza da Ciência (v. Lederman, 2004). A amplitude, em extensão e profundidade, do conhecimento científico e a diversidade de vertentes que comporta, certamente, exigirá admitir a operacionalização diferenciada das várias dimensões da educação em Ciências nas várias temáticas. Neste sentido, a natureza da Ciência assumirá

maior relevância numas temáticas do que em outras. Contudo, é fundamental que esteja transparente, para todos os actores intervenientes no processo educativo, os pressupostos e finalidades primordiais que caracterizam a exploração das diversas temáticas.

Apesar das fragilidades apontadas, os documentos oficiais evidenciam pontos de contacto com as recomendações oriundas da investigação em Educação em Ciências. A leitura destes documentos revela algumas omissões que dificultam a operacionalização da natureza da Ciência no ensino das Ciências. Este facto exponencia a dificuldade de apropriação dos programas pelos professores, especialmente, daqueles que, como mostram algumas investigações revelam dificuldades de identificação de enunciados de natureza epistemológica nos currículos (v. Cunha y Cachapuz, 2001 e 2005). A repercussão destas omissões poder-se-á ver atenuada pela promoção da capacidades de interpretação dos seus destinatários – os autores de manuais escolares e os professores – que, obviamente, assenta na qualidade da formação inicial e contínua que lhes é proporcionada.

Bibliografia

- ALMEIDA, Maria Manuela (Coord.): Programa de Filosofia, 10º e 11º Anos dos Cursos Científico-Humanísticos e Cursos Tecnológicos – Formação Geral. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, 2001.
- AMADOR, Filomena y otros: Programa de Biologia e Geologia, 10º Ano. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, 2001.
- BALDAIA, Ludovina: Formação de professores de Ciências e ensino inovador da reprodução humana. Dissertação de Doutoramento (não publicada). Aveiro: Universidade de Aveiro, 2004.
- BYBEE, Rodger: Toward an understanding of scientific literacy. En Gräber, W. y Bolte, C. (Eds.). Scientific literacy. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften and der Universität, 1997. - pp. 37-68.
- CACHAPUZ, António; PRAIA, João y JORGE, Manuela: Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional, 2002.
- CAMPOS, Carlos y CACHAPUZ, António: Imagens de Ciência em manuais de química portugueses. En Química Nova na Escola, 1997, nº 6, pp. 23-29.
- CARRILHO, Manuel Maria: A Filosofia das Ciências – De Bacon a Feyerabend. Lisboa: Editorial Presença, 1994.

- CARVALINHO, C.; CUNHA, J. y GOMES, C: Imagens de alunos do 8º ano de escolaridade sobre a Ciência, os cientistas e o trabalho científico. En Gomes, C. y Cunha, J. (Orgs.): VIII Encontro Nacional da Educação em Ciências – Actas. Ponta Delgada: Departamento de Ciências da Educação da Universidade dos Açores, 2001. - pp. 375-389.
- CHALMERS, Alan: La ciencia y cómo se elabora. Madrid: Siglo XXI de España Editores, 1992.
- CHALMERS, Alan: Qué es esa cosa llamada ciencia?. Madrid: Siglo XXI de España Editores, 1997.
- COELHO DA SILVA, José Luís y LEITE, Laurinda: Actividades laboratoriais em manuais escolares: proposta de critérios de análise. En Boletín das Ciências, 1997, Ano X, nº 32, pp. 259-264.
- CUNHA, Jorge & CACHAPUZ, António: A leitura crítica da dimensão epistemológica dos programas de Ciências Naturais por professores estagiários. En Alarcão, I. y otros (Orgs.): Supervisão – Investigações em contexto educativo. Aveiro: Universidade de Aveiro – Açores: Direcção Regional da Educação e Universidade dos Açores, 2005. – pp. 291-318.
- CUNHA, Jorge & CACHAPUZ, António: Significados atribuídos por professores estagiários a objectivos curriculares relacionados com a natureza da Ciência. En Gomes, C. y Cunha, J. (Orgs.): VIII Encontro Nacional da Educação em Ciências – Actas. Ponta Delgada: Departamento de Ciências da Educação da Universidade dos Açores, 2001. - pp. 301-315.
- DeBOER, George: Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationships to science education. En Journal of Research in Science Teaching, 2002, vol. 37, nº 6, pp. 582-601.
- DREYFUS, Amos: Biological knowledge as prerequisite for the development of values and attitudes. En Valente; M. O. y otros (Eds): Teacher training and values education. Lisboa: Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 1996. - pp. 363-372.
- DUARTE, Maria da Conceição: Investigação em ensino das ciências: influência ao nível dos manuais escolares. En Revista Portuguesa de Educação, 1999, vol. 12, nº 2, pp. 227-248.
- DUNBAR, Kevin: How scientists think in the real world: Implication for science education. En Journal of Applied Development Psychology, 2000, vol. 21, nº 1, pp. 49-58.

- DUSCHL, Richard: Renovar la enseñanza de las ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo. Madrid: Narcea, 1997.
- ECHEVERRÍA, Javier: Introdução à Metodologia da Ciência. Coimbra: Almedina, 2003.
- FOUREZ, Gérard: A construção das Ciências: introdução à filosofia e a ética das Ciências. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995.
- GALVÃO, Cecília (Coord.): Ciências Físicas e Naturais – Orientação Curricular – 3º Ciclo. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento da Educação Básica, 2002.
- GALVÃO, Cecília; REIS, Pedro; FREIRE, Ana & OLIVEIRA, Teresa: Avaliação de competências em Ciências: sugestões para professores dos ensinos Básico e Secundário. Porto: Edições ASA, 2006.
- GIL PÉREZ, Daniel y otros: Para uma imagem não deformada do trabalho científico. En *Ciência & Educação*, 2001, vol. 7, nº 2, pp. 125-153.
- HAND, Brian y otros: Message from the “Island Group”: what is literacy in science literacy? En *Journal of Research in Science Teaching*, 2003, vol. 40, nº 7, pp. 607-615.
- HODSON, Derek: Filosofia de la ciencia y educacion científica. En Porlán, R.; García, J. y Cañal, P. (Comps.): *Construtivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Díada Editora, 1995. - pp. 7-22.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, María Pilar: *Dubidar para aprender*. Vigo: Xerais, 1996.
- LAUGKSCH, Rüdiger: Scientific literacy: A conceptual overview. En *Science Education*, 2000, vol. 84, pp. 71-94.
- LEDERMAN, Norman: Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. En Flick, L. y Lederman, N. (Eds.): *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning and teacher education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004. - pp. 301-318.
- LEITE, Laurinda: Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das Ciências. En Fevereiro, M. P.; Caetano, & M. G. Santos, M. G. (Orgs.): *Cadernos Didáticos de Ciências*, volume 1. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, 2001. - pp. 79-97.
- MARQUES, Luís: Uma leitura das novas propostas programáticas referentes ao ensino da Geologia. En Gomes, C. y Cunha, S. (Orgs.): *VIII Encontro Nacional da Educação em Ciências – Actas*. Ponta Delgada: Departamento de Ciências da Educação da Universidade dos Açores, 2001. - pp. 55–61.

- MEDRANO URETA, Consuelo: El aprendizaje del concepto de «Ciencia»: estrategias metacognitivas. La perspectiva ofrecida por cuatro epistemologías contemporáneas. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2001.
- MENDES, Alcina y AMADOR, Filomena (Coords.): Programa de Biología e Geología, 11º Año. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, 2003.
- NORRIS, Stephen y PHILLIPS, Linda: How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. En *Science and Education*, 2003, nº 87 , pp. 224–240.
- PRAIA, João: Formação de professores no ensino da Geologia: Contributos para uma didáctica fundamentada na epistemologia das Ciências. O caso da Deriva continental. Dissertação de Doutoramento (não publicada). Aveiro: Universidade de Aveiro, 1995.
- SANTOS, Maria Eduarda: A cidadania na voz dos manuais escolares. O que temos? O que queremos?. Lisboa: Livros Horizonte, 2001.
- VALADARES, Jorge: Abordagens construtivistas e investigativas à actividade experimental. En Neto, A. y otros (Orgs.): *Didácticas e Metodologias de Educação: Percursos e Desafios - volume II*. Évora: Departamento de Pedagogia e Educação da Universidade de Évora, 2003. – pp. 1239-1257.
- VALADARES, Jorge: Concepções alternativas no ensino da Física à luz da Filosofia da Ciência. Dissertação de Doutoramento (não publicada). Lisboa: Universidade Aberta, 1995.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA COMPLETA

COELHO DA SILVA, José Luís & SEQUEIRA, Manuel (2006). Natureza da Ciência nos currículos de Ciências Naturais/Biologia e Geologia do contexto educacional português. In ENCIGA (Ed.), *Boletín das Ciencias, XIX Congreso de ENCIGA*, nº 61. Santiago de Compostela: Asociación de Ensinantes de Ciencias de CGalicia (ENCIGA), CD-ROM.

ISSN: 0214-7807

Depósito legal: LU/537-89