

# **I – DA CONTEXTUALIZAÇÃO À DEFINIÇÃO DO ESTUDO**

## **Introdução**

Este capítulo de abertura tem como objectivo o enquadramento e a apresentação do estudo. Inicia-se com a descrição do contexto gerador do estudo. Passa-se em seguida à apresentação dos seus objectivos, relevância e limitações. Por fim, descreve-se o modo como a tese está estruturada.

O presente estudo constrói-se em torno de um conjunto de manuais escolares de Ciências Naturais (3º ciclo) e de Biologia e Geologia (10º e 11º anos de escolaridade). O desenvolvimento do estudo inicia-se pela apreciação da valorização atribuída à natureza da Ciência pelos documentos emanados pelo Ministério da Educação, acerca do processo de ensino-aprendizagem de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia, dado que são eles que estarão na primeira linha de orientação da construção de manuais escolares. Inclui mais três vertentes que incidem em diferentes olhares sobre o mesmo grupo de manuais escolares: (1) a visão do investigador acerca das imagens da natureza da Ciência veiculadas; (2) as percepções dos professores sobre as imagens da natureza da Ciência veiculadas e (3) as percepções dos autores sobre a operacionalização da natureza da Ciência nos manuais escolares.

### **1.1. Contextualização do estudo**

A evidência da presença da Ciência no quotidiano do cidadão em simbiose com a importância da literacia científica na cultura do cidadão, a natureza da Ciência como uma das dimensões da Educação em Ciências, a relação do público com a Ciência e as percepções acerca da natureza da Ciência na sociedade portuguesa, o papel relevante exercido pelo manual escolar no processo de ensino-aprendizagem da Ciência são os quatro elementos fundamentais que estruturam o cenário em que se desenrola este estudo.

O desenvolvimento da Ciência a um ritmo progressivamente acelerado e a inerente emergência de novos riscos que marcam os tempos actuais colocam novas exigências à vida do cidadão em sociedade. Este vê-se confrontado com a necessidade de assumir posicionamentos críticos perante situações de natureza diversa que exigem

um determinado nível de capital científico. Este capital assenta no desenvolvimento do conhecimento científico nas suas vertentes substantiva, processual e epistemológica. Esta última vertente, na qual se focaliza o presente estudo, é já reconhecida como uma das dimensões da Educação em Ciências pelos currículos portugueses dos ensinos Básico e Secundário.

As evidências da perfilha tanto por alunos como por professores<sup>1</sup> de imagens da natureza da ciência de cariz positivista exige que os processos de formação a eles destinados promovam a reconstrução dessas imagens. O manual escolar, o principal elemento de acesso do aluno à Ciência e um dos principais instrumentos didácticos utilizado pelos professores, deverá veicular imagens de Ciência consentâneas com as perspectivas actualmente defendidas e constituir-se como um facilitador da construção dessas imagens. É em torno deste instrumento didáctico que se desenrola o presente estudo. Analisar-se-ão, em relação à natureza da Ciência nele operacionalizada, as imagens veiculadas, as percepções dos autores e as percepções de professores que os utilizam.

As temáticas que estão na génese deste estudo e acima listadas serão objecto de uma explanação mais alargada nas páginas seguintes.

### **1.1.1. A Literacia Científica como uma das componentes da cultura do cidadão**

Um olhar guiado por um quadro de referência de natureza científica e focalizado no contexto cultural e social em que o cidadão está imerso é revelador de inúmeras situações indutoras de uma imagem de Ciência. Neste contexto, é possível encontrar diversos veículos responsáveis por essa transmissão ao grande público: a televisão, os jornais, a literatura, etc.. Se é certo que, na maioria destas situações, a Ciência poderá estar associada apenas ao seu produto, também é certo que há ocorrências em que estão patentes aspectos como o processo de criação científica e as dificuldades que lhe estão inerentes, os factores que impulsionam e os que condicionam o desenvolvimento da Ciência, e a utilidade social da Ciência.

---

<sup>1</sup> Ao longo do texto serão utilizadas as palavras “investigador”, “cidadão”, “aluno”, “professor”. O recurso exclusivo ao género masculino não tem qualquer relação com uma possível imagem que desvalorize o papel da mulher na sociedade. Esta opção tem como único objectivo evitar o uso de uma multiplicidade de vocábulos e assim facilitar a leitura do texto.

Este relato não significa que se ignora o papel dos vários agentes mencionados na possível indução de imagens de Ciência que se afastam das perspectivas actualmente defendidas<sup>2</sup>. Também não se ignora que alguns dos quadros esboçados possam ter destinatários específicos por exigirem um conhecimento mais especializado. Independentemente desta possível diferenciação, os cidadãos, inseridos em contextos com maior ou menor especificidade científica, deverão ser capazes de compreender e interpretar as ideias veiculadas, e de assumirem um posicionamento quando tal lhes é exigido. Em qualquer sociedade, os técnicos, os especialistas e o público em geral podem ou não ser chamados a intervir na resolução de problemáticas sociocientíficas, dependendo do modelo de decisão adoptado pelos políticos: decisionista, tecnocrático e pragmatista (Habermas, 1997). Tal como já evidenciado em contextos anteriores (televisão e imprensa), a presença da ideia de Ciência como um saber objectivo, neutro e certo, próxima de uma perspectiva de cariz positivista, está fortemente vinculada aos modelos decisionista e tecnocrático, em que é assumido que os saberes capazes de apontar uma solução adequada estão na posse dos técnicos e especialistas. Esta perspectiva atenua-se no modelo pragmatista, decorrente da interrelação crítica entre os peritos e os políticos e ainda da intervenção da opinião pública, mas não desaparece dada a perflha social da percepção positivista de Ciência, imagem também já explicitada em cenários atrás explorados. É previsto que num Estado democrático o modelo a adoptar seja o pragmatista. Neste contexto, ressalta a capacidade do cidadão no exercício do seu papel interventivo em debates e em processos deliberativos. O poder desta intervenção assenta em posicionamentos devidamente sustentados que exigem não só a compreensão de teorias, conceitos e princípios de um determinado domínio científico, mas também a compreensão da natureza do conhecimento científico, do contexto sociocultural em que se desenvolve a Ciência e ainda do papel exercido pela Ciência na Sociedade. É neste sentido que apontam os quatro níveis “chave” de compreensão científica propostos por Marco-Stiefel (2000), as conceptualizações de *cultura científica* defendidas por Gonçalves (2000 e 2002) e de *literacia científica multidimensional* criada por Bybee (1997). No entanto, Collins (1999) defende que a compreensão pública da Ciência deverá incidir na natureza dos processos de produção do conhecimento científico e tecnológico e não no conteúdo. Considera, essencial, a compreensão da natureza do saber dos peritos, nomeadamente, da sua validade e

---

<sup>2</sup> Algumas imagens exemplificativas podem ser encontradas em Silva (2004).

falibilidade.

Outras conceptualizações de literacia científica enfatizam apenas a capacidade de intervenção do cidadão no processo de decisão sobre problemáticas de natureza sociocientífica ou a capacidade de influenciar os decisores políticos nas soluções a adoptar: o conceito de “*civic scientific literacy*” de Shen (Laugksch, 2000) e o conceito de “*public science policy literacy*” de Branscomb (Dreyfus, 1996) são dois exemplos desta perspectiva. No entanto, não significa que estas concepções excluam outras que possam, por exemplo, assentar apenas na compreensão de teorias e conceitos. A diversidade de posicionamentos sobre esta questão está bem documentada num estudo de revisão de literatura efectuado por Laugksch (2000), cujo contributo para a compreensão das respectivas conceptualizações está na explicitação da relação entre os diversos posicionamentos e os factores que estão na sua génese. Uma análise diacrónica, focalizada no século XX, das principais ideias de literacia científica mostra que as diversas conceptualizações têm estado intimamente relacionadas com o cenário social, político, económico e científico de cada época (DeBoer, 2000). As transformações ocorridas nestes sectores foram colocando novas exigências ao cidadão e, assim, determinando o nível de literacia científica desejada. Verifica-se, ainda, que algumas ideias centrais foram sucessivamente abandonadas, retomadas e desenvolvidas.

Bybee (1997) reconhece as múltiplas conceptualizações de literacia científica mas assinala a predominância das semelhanças em detrimento das diferenças e sublinha o seu posicionamento como consensual entre diversos autores. Salienta, então, que a incorporação no conceito de literacia científica das componentes – Natureza da Ciência, História da Ciência e Papel da Ciência na Sociedade – é também por eles defendida e adoptada nas perspectivas patentes em documentos que têm inspirado reformas educativas em alguns países – «Science for All Americans», «National Science Education Standards» e «Benchmarks for Science Literacy».

A interpretação do conceito de literacia científica não pode estar cingida ao sentido derivado do contexto específico em que se integra - a Ciência -, exigindo que se atente no sentido basilar emergente do significado do termo “literacia” (Hand *et al.*, 2003; Norris & Phillips, 2003). Nesta perspectiva, é sublinhada a importância das capacidades linguísticas orais e escritas, de comunicação, de interacção e cooperação, comuns à construção e difusão do conhecimento de qualquer área do saber, no desenvolvimento de cidadãos cientificamente cultos. O reconhecimento das comunicações existentes nas várias concepções específicas de literacia das várias

áreas do saber poderá contribuir para uma visão de cultura ampla e integradora.

O alargamento e aprofundamento da cultura científica dos cidadãos europeus e a respectiva criação de estratégias de acção são preocupações que integram a actual agenda política europeia. Helga Nowotny, Presidente do Conselho Consultivo Europeu de Investigação, intervém no fórum «Ciência na Sociedade 2005» realizado em Bruxelas (Março de 2005), salientando a necessidade de apresentar os “bastidores” da investigação à sociedade: “*Temos de explicar o que é, como se faz, como se definem as prioridades da investigação, como funcionam as explicações científicas, como se contam os feijões*” (2005).

Evidenciam-se, em seguida, alguns aspectos que relevam a literacia científica como uma componente essencial à participação activa do cidadão na vida em sociedade. Assim, contribui para o desenvolvimento de expectativas mais realistas do contributo da Ciência para a sociedade e, conseqüentemente, o incremento da confiança do público na Ciência:

“The more the public understands about the objectives, processes, and capabilities of science, the less likely the public will be to acquire unrealistic and unrealizable expectations of science. While unrealistic expectations may lead to a loss of confidence in, and eventually withdrawal of support for, science, increased levels of scientific literacy may counteract this potential disenchantment with science.” (Laugksch, 2000, p. 85)

Na perspectiva da Royal Society, a valoração da adopção de posicionamentos devidamente fundamentados assenta, principalmente, na sua fundamentação e não tanto na certeza de resolução correcta da questão em causa:

“The report of the Royal Society of London on the *Public Understanding of Science* states that a scientifically literate public would ‘... significantly improve the quality of public-decision making, *not* because the ‘right’ decisions would then be made, but because decisions made in the light of an adequate understanding of the issues are likely to be better than decisions made in the absence of such understanding’.” (Royal Society, 1985 cit. por Laugksch, 2000, p. 85)

Contrariamente ao sucedido nos séculos XVII e XVIII em que a Ciência era vista como uma componente fundamental da cultura, capaz de influenciar os vários sectores da sociedade, em finais do século XX, a Ciência depara-se com algumas dificuldades em ser reconhecida como parte da Cultura (Gutiérrez Julián, Gómes Crespo & Martín-

Díaz, 2001). A compreensão da cultura como um todo, do qual faz parte integrante a literacia científica, é enfatizada por alguns investigadores<sup>3</sup> (Laugksch, 2000; Costa, 2001; Gutiérrez Julián, Gómez Crespo & Martín-Díaz, 2001; Martins, 2002). Laugksch (2000), tendo por base as ideias de Thomas & Durant (1987), assinala algumas razões que têm estado na origem da visão de Ciência separada da Cultura e sublinha algumas consequências daí decorrentes:

“Science is generally seen by the public as the epitome of specialization and technicality, and may therefore cut itself from the common cultural weal because of such a fragmentation process. The isolation of science from the wider culture may result in the general public failing to understand science properly, and as a consequence citizens respond to science with a mixture of adulation and fear. Increased scientific literacy of the public would thus counteract such a perceived ‘cult’ image of science.” (p. 85)

Nesta mesma linha de pensamento, estão as situações apresentadas por Gutiérrez Julián, Gómez Crespo & Martín-Díaz (2001) como razões conducentes a essa visão fragmentada: a sacralização, pelos mass media, das opiniões dos cientistas, transformando-os nos detentores do saber verdadeiro e a possibilidade de alguns cientistas transmitirem uma imagem de Ciência como um saber apenas acessível a cidadãos com capacidades intelectuais excepcionais por gostarem da sensação de poder conferido por esta imagem – o poder de controlar algo que os outros cidadãos não controlam.

A estruturação de processos de formação que potencializem a aproximação da cultura humanística e da literacia científica é proposta como uma via passível de promover uma visão não dualista de cultura<sup>4</sup>. Costa (2001) considera que, embora não seja possível obviar a especialização exigida pelo crescimento permanente do conhecimento, é necessário encontrar um equilíbrio que minimize o distanciamento entre os diferentes saberes. Estará em consonância com esta perspectiva a proposta de criação de uma área interdisciplinar de *Estudos de Ciência*, quer no ensino Secundário quer no ensino Superior, que dê oportunidade àqueles que não pretendem seguir estudos

---

<sup>3</sup> Martins (2002) identifica três modelos definidores da relação entre Cultura e Ciência: “Dicotomia Ciência-Cultura”, “Linearidade Ciência-Cultura” e “Ciência como parte da Cultura”.

<sup>4</sup> Não é do âmbito deste capítulo, nem deste estudo, a explanação dos debates em torno das problemáticas cunhadas como «guerra das ciências», «duas culturas», e, num período mais recente, «terceiras culturas». No entanto, anota-se que a análise relacional do fosso entre as culturas científica e humanística com a organização do sistema educativo português é objecto de reflexão por alguns investigadores portugueses (v. Caraça, 2001; Costa, 2001) e assinalada por outros (Fontes & Silva, 2004).

científicos de debaterem problemáticas científico-tecnológicas contemporâneas (Cachapuz, Praia & Jorge, 2002). Disciplinas de espectro alargado, que permitam a conjugação de diferentes saberes, são também defendidas por Martins (2002, 2003) para alunos do ensino superior que frequentem cursos da área das Ciências. A facultação de disciplinas de diferentes áreas do conhecimento – Ciência, Arte e Literatura – a todos os alunos, pelas instituições do ensino superior, é outra sugestão apontada por Martins (2002).

É de notar que em Portugal, a par de outras formas de divulgação do conhecimento, consegue-se identificar alguns empreendimentos passíveis de serem percepcionados como potenciais vias de educação não-formal, especificamente direccionadas para o desenvolvimento de uma perspectiva não dualista de cultura. Estão nesta situação a exposição “*Passagens. 100 peças para o Museu de Medicina*” que “*pretende questionar o papel e o lugar das ciências e a sua relação com a arte*” (2005, p. 54), patente, em Abril de 2005, no Museu Nacional de Arte Antiga, em Lisboa, e a revista “*NADA*”, publicação quadrimestral desde Novembro de 2003, que se posiciona na interacção entre o conhecimento científico e o conhecimento artístico. No entanto, alguma incerteza pode ser levantada quanto ao impacto desta revista no grande público face à natureza especializada, quer científica quer artística, de algumas temáticas abordadas. Independentemente da probabilidade desta ocorrência, partilha-se a opinião, aí registada pela artista plástica Marta Menezes (2005), de que *mais produtivo do que discutir a separação entre Ciência e Arte será a identificação das possíveis conexões entre elas*, a qual está próxima da opinião de um químico, Costa (2001), ao expressar *a necessidade de se prestar mais atenção às semelhanças do que às diferenças entre as operações mentais que ocorrem no campo das Ciências e no das Humanidades*.

Na televisão<sup>5</sup>, sobressaem dois programas, de produção nacional, pelo seu enfoque centrado estritamente na investigação científica – o «2010» e o «4 x Ciência» -

---

<sup>5</sup> A título exemplificativo, aponta-se o trabalho de Tavares (2004), que analisa o papel de programas televisivos de natureza generalista na mediatização da Ciência e propõe uma abordagem didáctica da televisão orientada para a promoção da cultura científica. Outro exemplo, refere-se ao estudo de Dhingra (2003), por caracterizar as imagens de Ciência implícitas em vários programas de televisão de género diversificado e analisar a influência exercida por esses programas na construção de imagens de Ciência em alunos americanos. Salienta-se a análise relativa a uma série de ficção – *X-Files* (Ficheiros Secretos) – por também ter sido transmitida por algumas estações de televisão portuguesas. As características de Ciência que os autores do estudo consideram que o programa veículo e as que os alunos evidenciam como resultado da influência da sua visualização são consentâneas com as perspectivas de Ciência actualmente defendidas.

<sup>6</sup>, embora o seu potencial contributo na formação do cidadão seja potencialmente coarctado pelo período e/ou canal em que são transmitidos (canal «A Dois»<sup>7</sup>, conotado com audiências ditas “elitistas” e/ou horário tardio de emissão). Entre diálogos algo complexos decorrentes referentes a abordagens centradas nos processos científicos, o que é agravado pela especificidade da linguagem própria do campo do saber em causa, e outros de carácter mais generalista, são, por vezes, exploradas, de uma forma mais ou menos explícita, questões inerentes à própria natureza da Ciência. A título ilustrativo, referem-se algumas imagens difundidas: a discordância nítida entre investigadores, a reflexão sobre a possibilidade de definição de patamares de certeza científica para a tomada de decisão em questões de natureza sociocientífica, a discussão da implicação de critérios económicos e políticos no desenvolvimento e aplicabilidade da Ciência, a importância da conjugação do saber de cientistas de diferentes áreas no desenvolvimento de projectos de investigação, etc.

A atenção na imprensa escrita recai aqui, a título ilustrativo, em dois jornais nacionais, diários matutinos, de informação geral e com posicionamentos diferenciados no campo mediático: um de grande tiragem, principalmente na área do Grande Porto e do Norte – o «*Jornal de Notícias*» - e um outro – o «*Público*» - procurado, essencialmente, por leitores considerados mais “intelectualizados”. Os vários artigos seleccionados referem aspectos que permitem construir visões de Ciência que contemplam as suas vertentes internalista e externalista<sup>8</sup>. Os exemplos a seguir apresentados não permitem retratar exaustivamente uma imagem do papel da imprensa escrita como também não é essa a pretensão.<sup>9</sup>

---

<sup>6</sup> O «2010» está classificado como um programa do género «Magazines» e o «4 x Ciência» como um programa do género «Informação – Entrevista e Debate». O «4 x Ciência» é um programa conduzido por quatro cientistas – *Alexandre Quintanilha, Nuno Crato, Henrique Barros e Pedro Oliveira* – responsáveis pela escolha dos convidados.

<sup>7</sup> «A Dois» é o canal nacional generalista que nos últimos cinco anos apresentou o share de audiência mais baixo (2004 – 4,4%) em relação aos outros três canais (2004 – SIC: 29,3%; TVI: 28,9%; RTP1: 24,7%).

<sup>8</sup> A selecção de artigos apresentada resulta de uma consulta dos jornais num período de tempo alargado, sem periodicidade definida. Incidiu tanto nas várias secções do corpo dos jornais como nos suplementos que os acompanham semanalmente. A maioria dos artigos referidos integram o corpo dos jornais.

<sup>9</sup> A título de exemplo, referem-se dois estudos que dão uma visão panorâmica da cobertura jornalística da Ciência em Portugal (Casaleiro, 2000; Mendes, 2002). O primeiro incidiu na análise de três jornais em 1992. Mostra que a Ciência está, predominantemente, associada ao tópico «Ambiente». O tópico «História da Ciência» ou não está representado ou está presente com um baixo nível de cobertura. O segundo, focalizado na análise de três jornais, mostra que, no período de 1990 a 1997, o número de notícias sobre Ciência aumentou significativamente e foi acompanhado pelo crescimento do nível de visibilidade conferida à Ciência. Os temas mais representados foram: Novas Tecnologias da Informação, Ambiente, Medicina, Política Científica leve e Investigação.

**Quadro 1.1: A Ciência na imprensa escrita: algumas características veiculadas**

Aspectos da Ciência evidenciados	Artigos de jornal (alguns exemplos)
Mobilização de quadros teóricos na investigação científica	- “ <i>Morreu Ernst Mayr, o cientista que uniu a teoria da selecção natural de Darwin com a genética de Mendel</i> ” (Barata, 2005) - “ <i>Metano na atmosfera pode ser prova de vida em Marte?</i> ” (Firmino, 2005) - “ <i>Depois da água, o metano</i> ” (Monteiro, 2004)
Procedimentos metodológicos utilizados na investigação científica	- “ <i>Português participa na descoberta de dois novos planetas</i> ” (Firmino, 2004a) - “ <i>Travessia de Vênus à frente do sol mostra como se procuram outros planetas</i> ” (Firmino 2004b)
Fiabilidade da Ciência	- “ <i>Em Ciência, nada é preto ou branco</i> <sup>10</sup> ” (Machado, 2002) - “ <i>Ciência tenta recuperar credibilidade perdida</i> ” (Ferreira, 2004)
Actividade científica condicionada por entidades governamentais	- “ <i>Governo apoia projectos sobre alterações climáticas</i> ” (Garcia, 2004)
Influência do conhecimento científico <i>versus</i> influência de interesses privados na resolução de problemáticas sociocientíficas	- “ <i>A denúncia da vulnerabilidade ao risco da ‘invasão do mar’ da zona costeira do Minho</i> ” (Soares de Carvalho <sup>11</sup> , 2004)
Interacção valores-conhecimento científico na discussão de descobertas científicas	- “ <i>Em Ciência, nada é preto ou branco</i> ” (Machado, 2002) - “ <i>Conselho Nacional de Ética funciona com pouca eficácia</i> ” (Carneiro, 2004) - “ <i>Primeiro transplante humano foi há 50 anos</i> ” (Adams, 2004)

A selecção de artigos de jornal efectuada veicula algumas mensagens que contribuem para a construção de uma imagem acerca do processo de construção do conhecimento científico, dos factores que o influenciam e das características que a Ciência assume. O conjunto dos artigos evidencia as seguintes ideias:

- a) A sustentação de teorias está assente em quadros teóricos e/ou a diversidade de interpretações do mesmo fenómeno científico é decorrente do modo como são manipulados princípios teóricos.
- b) Os procedimentos metodológicos usados no processo de investigação científica não contemplam apenas a observação e a experiência.

<sup>10</sup> Entrevista com Derek Burke, microbiólogo e ex-conselheiro do Departamento Britânico e da Igreja de Inglaterra.

- c) A Ciência como um empreendimento produtor de verdades absolutas, precisas e exactas é objecto de reflexão. Esta é uma problemática que, também, foi explorada numa das emissões do programa televisivo «4 x Ciência». Simultaneamente, é revelada a perfilha social de representações de Ciência assentes na fiabilidade e eficácia absolutas do conhecimento científico e na ausência total de influências de qualquer natureza no trabalho do investigador. Paradoxalmente, a incerteza criada nestas representações é apontada como um dos factores responsáveis por um posicionamento que já começa a assumir proporções preocupantes - a descrença da sociedade na Ciência. No entanto, outra razão possível para esta descrença é aventada – uma cultura de mera desconfiança da própria sociedade perante a Ciência.
- d) A actividade científica está condicionada pela decisão de organismos governamentais através da definição de áreas prioritárias de financiamento e de requisitos processuais a cumprir.
- e) A tomada de decisão na resolução de problemáticas ambientais é regida por interesses pessoais particulares e ignorando o contributo da Ciência.
- f) As descobertas científicas, face à sua aplicabilidade, transformam-se em controvérsias públicas de natureza sociocientífica, cuja resolução está condicionada pelos valores e ideologias de cada sociedade e vigentes em cada época.

Os jornais, para além dos acontecimentos que diariamente relatam, têm tido, nos últimos tempos, um papel relevante na aproximação e contacto do cidadão com diversas vertentes da cultura (a música, a pintura, a sétima arte, a literatura, etc.). Têm sido responsáveis pela reedição de livros de âmbito diverso, entre outros, enciclopédias de natureza científica e obras de literatura que, embora catalogada como juvenil, é considerada por alguns como obras que estão longe de ser, ou de o ser apenas, obras juvenis (Fernandes, 2005). São estes os escolhidos por poderem ser aqueles que estão mais próximos da temática em que este estudo está inserido e pela própria dimensão deste estudo impedir uma análise exaustiva.

O «Jornal de Notícias» editou a «*Enciclopédia Pedagógica Universal*» que, dos 24 volumes, dedica cinco à História da Ciência e da Tecnologia<sup>12</sup>. Nalguns destes, em

---

<sup>11</sup> O autor *Gaspar Soares de Carvalho* é Professor Catedrático Jubilado da Universidade do Minho.

<sup>12</sup> Obras de Branchi (2002), Collini (2002), Fraioli (2002), Pasquale (2002) e Stefani (2002).

paralelo à exposição de determinadas temáticas científicas, são explicitados alguns factores que estiveram associados ao seu desenvolvimento. Evidenciam-se os seguintes aspectos: o contributo de princípios teóricos na elaboração de teorias (ex: o Princípio do Uniformitarismo de Charles Lyell na definição da Teoria Evolucionista de Darwin), as razões que conduziram, em determinado momento, à rejeição de determinadas interpretações científicas (ex: a ausência de uma hipótese explicativa da deriva continental), a investigação científica como um trabalho de equipa (ex: a equipa responsável pelo Projecto Manhattan - concepção e produção da bomba atómica, a equipa responsável pela definição da estrutura do DNA), o progresso da Ciência associado ao período de guerra (ex: energia nuclear) e dependente da rentabilidade económica (ex: O Projecto Genoma), a competição científica (ex: a conquista do espaço entre os Estados Unidos e a ex-União Soviética, entendida como necessária à liderança do Mundo) e as concepções de “boa” ou “má” Ciência como inerentes à sua própria essência ou como fruto da sua utilização (ex: aplicabilidade da fissão nuclear, da manipulação genética, do conhecimento do genoma humano).

O jornal «Público» editou um conjunto de obras juvenis reunidas na colecção «*Geração Público*». Nesta compilação, encontram-se algumas obras que mergulham no campo da Ciência. Destaca-se o livro «*20.000 Léguas Submarinas*», do escritor francês Júlio Verne, considerado o autor mais visionário de todos os tempos, por ser uma obra que discute:

“(…) temas como as misteriosas ruínas da Atlântida, a utilização de recursos do mar para o bem da humanidade, a energia atómica e algumas questões político-filosóficas sobre a finalidade da Ciência.” (Gomes, 2005, p. 317; sublinhado nosso)

O jornal «Público» tem ainda exercido um papel importante na divulgação de bibliografia centrada em áreas temáticas inseridas no domínio da natureza da Ciência, através da secção «Livros»<sup>13</sup>: «*Um discurso pela Ciência*»; «*Michael Ruse, a filosofia das guerras da ciência*», «*Desfazer os mitos do confronto entre religião e ciência*».

Neste relato, não pode ser esquecida a controvérsia pública entre o sociólogo Boaventura Sousa Santos e os físicos António Manuel Baptista e Jorge Dias de Deus tendo por pano de fundo o livro «*Um discurso sobre as ciências*» do primeiro autor (Santos, 1999, 1º edição em 1987). Corporizou-se na publicação de diversos livros

---

<sup>13</sup> A secção «Livros» faz parte do suplemento semanal «Mil Folhas».

(Baptista, 2002; Deus, 2003; Santos, 2003; Baptista, 2004) e na abordagem parcial pelo jornal «Público» através do artigo - «*Um discurso pela Ciência*» - centrado no livro «*O discurso pós-moderno contra a ciência - obscurantismo e irresponsabilidade*» de Baptista (2004). Esta polémica captou a atenção de personalidades de vários quadrantes do meio intelectual português. Recentemente, João Lobo Antunes também contribuiu para a compreensão desta polémica através da publicação do ensaio «*A guerra das ciências nunca existiu. A propósito de uma polémica portuguesa*» (2005, pp. 209-222).

Em suma, perspectiva-se a cultura num sentido amplo que integra não só a vertente tradicionalmente valorizada – *a humanística* – mas também uma outra - *a científica*. A literacia científica aponta para a capacidade do cidadão em assumir posicionamentos críticos face à Ciência e, em específico, perante situações dilemáticas de cariz sócio-científico. A credibilidade e o carácter influenciador de qualquer tomada de posição exige uma fundamentação e esta, por sua vez, assenta na manipulação do saber científico. Acentua a importância da linguagem e não exclui a capacidade de identificação e compreensão de conceitos científicos em contextos diversos. A natureza da Ciência, a História da Ciência e o papel da Ciência na sociedade são sublinhadas como dimensões relevantes na consecução do nível desejado de literacia científica. Neste sentido, a literacia científica ultrapassa a mera aquisição de um repositório de conceitos, princípios, factos e de técnicas procedimentais próprias do campo científico. Esta conceptualização determina a estruturação dos currículos de Ciências e orienta o desenho das práticas educativas se também se perspectivar o conceito de literacia científica numa outra vertente – como expressão das metas da Educação em Ciências (Bybee, 1997). Assim, a emergência de cidadãos socialmente activos e, concomitantemente, reflexivos parece apontar para uma estruturação do ensino das Ciências que, tendo por base as perspectivas actualmente apontadas pela investigação em Educação em Ciências (v. Cachapuz, Praia & Jorge, 2002), enfatize pressupostos orientadores de uma pedagogia para a autonomia em contexto escolar (v. Vieira, 1998).

### **1.1.2. Relação do público com a Ciência e imagens da natureza da Ciência na sociedade portuguesa**

A análise da relação dos cidadãos portugueses com a Ciência e das imagens da natureza da Ciência por eles perfilhadas tem captado o interesse de investigadores de

diferentes quadrantes do saber. Alguns estudos focalizam-se nestas duas vertentes (Costa, Ávila & Mateus, 2002), enquanto outros se centram apenas na segunda vertente (Praia & Cachapuz, 1994a e b; Thomaz, Cruz, Martins & Cachapuz, 1996; Canavarro, 2000; Carvalhinho, Cunha & Gomes, 2001; Louro & Paixão, 2003). O primeiro estudo indicia a necessidade de promover um envolvimento mais efectivo do cidadão nas questões científicas e aponta, assim como os restantes, a predominância nos inquiridos de imagens da natureza da Ciência que se afastam das perspectivas actualmente defendidas. Apresentam-se, em seguida, os resultados de alguns estudos, centrados em grupos populacionais distintos.

Os resultados de um estudo efectuado em 2001 permitem definir, na sociedade portuguesa, diversos modos de relação do cidadão com a Ciência, designados da seguinte forma: *envolvidos*, *consolidados*, *iniciados*, *autodidactas*, *indiferentes*, *benevolentes* e *retraídos* (Costa, Ávila & Mateus, 2002). A construção desta tipologia assentou na análise conjunta dos resultados obtidos através de um inquérito a respeito de um conjunto de dimensões:

“a leitura de revistas sobre ciência, outras práticas de contacto com informação científica, os contextos de aquisição e utilização de conhecimentos sobre ciência, as auto-avaliações dos inquiridos acerca dos seus conhecimentos científicos, as suas concepções das relações entre ciência e sociedade, especificamente quanto às consequências do desenvolvimento da Ciência, e ainda as suas preferências quanto a conteúdos e formas de tratamento em publicações sobre temas científicos.” (op. cit., p. 60)

Os vários modos de relação com a Ciência diferenciam-se no grau de envolvimento do cidadão com a Ciência, decrescente dos “*envolvidos*” para os “*retraídos*”, em que os três últimos perfis já espelham um distanciamento significativo face à Ciência. Este estudo, envolveu uma amostra de 2075 cidadãos portugueses cuja formação académica se distribui pelos vários anos de escolaridade<sup>14</sup>. Mostrou que apenas 37% dos inquiridos apresentam uma relação com a Ciência caracterizada por um grau de proximidade elevada ou significativa, correspondente ao conjunto dos quatro perfis - *envolvidos* (2,3 %), *consolidados* (9,2 %), *iniciados* (7,8 %) e *autodidactas* (17,7 %).

A análise dos resultados relativos às concepções de Ciência da população inquirida mostra a existência de dois conjuntos básicos de concepções:

“Assim, nestas concepções, o realismo cognitivo (objectivo de procurar conhecimentos sobre a realidade), o critério de rigor (rigor dos resultados e teste sistemático) e os procedimentos metodológicos principais (experimentação laboratorial e observação controlada) aparecem entre os traços mais salientes. As ferramentas intelectuais (as teorias científicas e a utilização da matemática, tal como o raciocínio lógico e o exame crítico) seguem-se de perto. Pelo contrário, no conjunto de itens que menor grau de concordância merecem surgem quer concepções absolutizantes e dogmáticas (autoridade dos sábios, princípios indiscutíveis, verdades transcendentais), quer concepções contextualizantes ou denunciatórias (influências da época, da cultura e da sociedade ou sujeição a interesses económicos e políticos).” (op. cit., pp. 121-122)

Independentemente do modo de relação com a Ciência, os indivíduos inquiridos mostraram perfilhar diferentes concepções de Ciência:

“Por um lado, aparece bem delineada uma concepção-padrão bastante convencional onde figuram os atributos de realismo cognitivo, critério de rigor, metodologia da investigação empírica e ferramentas intelectuais. Por outro lado, surge um aglomerado relativamente residual e heteróclito de outras concepções de feição quer dogmática, quer acusatória, e incluindo também referências à contextualização social e à criatividade intelectual da ciência.” (op. cit., pp. 122-123; sublinhado nosso)

Estas concepções estavam presentes tanto nos grupos mais próximos como nos mais distanciados da Ciência, predominando em ambos a concepção-padrão. A hipótese de que os públicos mais distanciados teriam representações epistemológicas muito diferentes dos mais próximos não é confirmada. Verifica-se, ainda, que nos grupos mais próximos da Ciência não vinga a concepção-padrão.

Outros estudos focalizam-se na análise das imagens da natureza da Ciência perfilhadas por alunos de diferentes níveis de escolaridade.

Um desses estudos centrou-se na análise das concepções de Ciência de alunos portugueses a frequentarem pela primeira vez o ensino Superior (Canavarro, 2000). Foi realizado em 1996/1997 e incluiu uma amostra de 500 alunos. Esta apresenta uma

---

<sup>14</sup> Caracterização da amostra: grau de escolaridade – Até básico 2º ciclo (246 – 12,0 %); Básico 3º ciclo (268 – 13,0 %); Secundário (543 – 26,4 %); Superior (1000 – 48,6 %) (Costa, Ávila & Mateus, 2002, p. 48).

distribuição uniforme quanto à variável «formação curricular seguida no ensino Secundário»: 50 % dos alunos são detentores de formação curricular de natureza científica e 50 % adquiriram formação em outras áreas do conhecimento. Este estudo mostra a perfilha de concepções epistemológicas diferenciadas (positivistas e/ou pós-positivistas) determinada pelo âmbito das questões em análise. A predominância de concepções de cariz marcadamente positivista focaliza-se em questões relativas a: (a) factores condicionantes da tomada de posição dos cientistas em relação a problemáticas de natureza sociocientífica, (b) natureza dos modelos científicos. A explicação para a diferença de posicionamentos entre cientistas, sobre a mesma situação problemática, assenta no nível de conhecimento científico acerca dessa situação e na exclusão da mobilização de valores éticos, morais, económicos. Os modelos científicos são vistos como cópias da realidade, sendo esta visão fundamentada, por alguns alunos, com o argumento de que os modelos são construídos a partir da observação.

A predominância de concepções de cariz pós-positivista assenta no reconhecimento da influência do contexto económico e sócio-político no trabalho dos cientistas. A influência do poder religioso também é reconhecida, por acção directa no cientista, ou, de uma forma indirecta, através do governo dada a capacidade de este condicionar os financiamentos da investigação. No entanto, uma percentagem idêntica de alunos, embora reconheça a existência desta tentativa de influência, defende que ela nem sempre se repercute no trabalho do cientista porque é a este que cabem as decisões finais.

Quanto à influência das ideologias e crenças religiosas dos cientistas no seu próprio trabalho, verifica-se que os alunos se distribuem por concepções que assentam na ausência de influência, no controlo da influência pelo próprio cientista e na influência efectiva.

Um estudo realizado com alunos portugueses do 8º ano de escolaridade (Carvalhinho, Cunha & Gomes, 2001) revela a perfilha das seguintes imagens:

- a) Ciência como um corpo de conhecimentos;
- b) Ciência associada à aplicação do método científico, caracterizado por um conjunto de fases de implementação sequencial;
- c) Relação de oposição entre Ciência e Religião;
- d) O cientista como um indivíduo de cabelos brancos, baixa estatura, óculos, luvas e bata (imagem estereotipada).

No que diz respeito às imagens da natureza da Ciência em professores de Ciências, um estudo realizado com uma amostra representativa dos professores de Ciências de todo o País - 464 professores portugueses do ensino secundário, de diferentes áreas do conhecimento científico (Físico/Químicas, Geografia e Biologia/Ciências da Terra) - mostra que a maioria perfilha perspectivas de cariz positivista quanto aos papéis da teoria e da observação e quanto à natureza do método científico (Praia & Cachapuz, 1994a e b). A relação entre estas imagens e as variáveis «área disciplinar de leccionação do Professor» e «experiência profissional» foi também objecto de análise. O estudo aponta para a ausência de relação entre as imagens acerca da natureza da Ciência perfilhadas pelos professores e as variáveis consideradas.

Há ainda estudos que se focalizaram na análise simultânea das imagens de professores e de alunos sobre a natureza da Ciência. Um deles envolveu 136 professores de vários grupos disciplinares e 136 alunos do 9º ano de escolaridade (Louro & Paixão, 2003). Evidencia-se em algumas questões, a presença simultânea de imagens de cariz positivista e de cariz pós-positivista e noutras a dificuldade de posicionamento epistemológico. Os autores do estudo consideram que os dados recolhidos, indiciadores de imagens de Ciência consentâneas com as perspectivas actuais, podem não corresponder a um conhecimento epistemológico esclarecido, dada a diferenciação de opinião quando são confrontados com os dados de outras respostas. Assinalam, ainda, a possibilidade dos professores terem seleccionado, na resposta ao questionário, o que lhes pareceu mais correcto e não necessariamente aquilo que reflecte a sua opinião. Apresentam-se, em seguida, algumas imagens emergentes sublinhadas pelos autores:

- a) A ciência como uma actividade humana, colectiva e socialmente análoga a outros empreendimentos humanos;
- b) As decisões sobre questões de natureza científica cabem à comunidade científica e não a um cientista isolado;
- c) A actividade do cientista não sofre pressões de natureza social nem está condicionada por crenças, preferências e interesses do próprio cientista. Desta forma, o conhecimento científico adquire as características da veracidade e da objectividade.

Os resultados deste estudo mostram a ausência de diferenças significativas entre as imagens perfilhadas pelos professores das diferentes áreas disciplinares e entre os professores e os alunos. *“Nas respostas dadas pelos alunos é notória a tendência para estes concordarem com todas as afirmações independentemente da postura epistemológica que estas tenham subjacente”* (op. cit., p. 1267).

A comparação dos resultados dos estudos centrados na análise das imagens de professores de Ciências e de outras áreas disciplinares (Praia & Cachapuz, 1994a e b; Louro & Paixão, 2003), de futuros professores do 1º ciclo (Thomaz, Cruz, Martins & Cachapuz, 1996) e de alunos dos ensinos Básico e Secundário (Carvalhinho, Cunha & Gomes, 2001; Louro & Paixão, 2003) e do ensino Superior (Canavarro, 2000) mostra que as imagens dominantes acerca da natureza da Ciência são semelhantes entre estes diferentes universos. A comparação destes resultados com os dos estudos realizados no mesmo domínio com professores e alunos de outras nacionalidades revela que esta realidade não é muito distinta da encontrada em outros contextos educativos diferentes do português (v. Lederman, 1992; Vázquez Alonso & Manassero Mas, 1999; Gil Pérez *et al.*, 2001; Kurdziel & Libarkin, 2002).

Em suma, os resultados mostram percepções diversificados dos professores e alunos sobre a natureza da Ciência. Em algumas situações verifica-se a dificuldade de posicionamento epistemológico, noutras a coexistência de imagens de cariz positivista e pós-positivista e, ainda noutras, a predominância de imagens de cariz positivista.

Estes resultados apontam para a necessidade do ensino das Ciências promover a aproximação do público à Ciência. A construção de imagens da natureza da Ciência consentâneas com as defendidas actualmente constitui um considerável contributo para esta aproximação.

Face ao exposto, urge a necessidade do ensino das Ciências e da formação inicial e contínua de professores assumirem contornos promotores da (re)construção dessas imagens. Nestes contextos, os programas e os manuais escolares são um dos instrumentos a submeter a uma análise crítica.

### **1.1.3. O valor da natureza da Ciência em documentos oficiais dos ensinos Básico e Secundário**

A natureza da Ciência é uma das componentes da Educação espelhada no currículo de algumas áreas disciplinares dos ensinos Básico e Secundário. Integra não só a área disciplinar em que se focaliza o presente estudo – Ciências Naturais/Biologia e Geologia – mas também uma área próxima desta - Ciências Físico-Químicas/Física e Química - e ainda uma outra que, embora possa estabelecer pontos de contacto com as anteriores, se diferencia pelo seu objecto de análise - a Filosofia.

A natureza da Ciência é reconhecida, nos vários documentos emanados pelo Ministério da Educação, através de diferentes terminologias e de um número de enunciados variável que traduz diferentes graus de caracterização. É referida por “natureza da Ciência” e, principalmente, por “conhecimento epistemológico” na secção relativa à área disciplinar de Ciências Físicas e Naturais (Ciências Naturais e Ciências Físico-Químicas) do documento – «Currículo Nacional do Ensino Básico, Competências essenciais» -, o qual enquadra a concepção e o desenvolvimento do currículo do ensino Básico, tanto ao nível da expressão nacional (orientações curriculares) como local (projectos curriculares de escola e de turma a realizar pelos professores) e no documento - «Ciências Físicas e Naturais, Orientações curricular, 3º ciclo» - que pormenoriza a estrutura desta área disciplinar e traduz as orientações determinadas pelo primeiro documento. Nos programas de Biologia e Geologia dos 10º e 11º anos de escolaridade e no programa de Geologia do 12º ano, “natureza da Ciência” é a designação que por vezes é utilizada. No programa de Física e Química A do 10º ano, incorpora a “educação sobre Ciência”, designação oriunda do campo da Didáctica das Ciências onde expressa uma das três dimensões que corporizam a Educação em Ciências (v. Hodson, 1998). No programa de Química do 12º ano é, por vezes, associada a “competências epistemológicas” e no de Física, do mesmo ano, identifica-se através de “natureza do conhecimento científico”. Nos programas de Física e Química A do 11º ano e de Biologia do 12º ano não são utilizadas quaisquer designações. Na área disciplinar de Filosofia, é no programa do 11º ano que se procede à discussão da natureza da Ciência nas unidades – «Descrição e interpretação da actividade cognoscitiva», «Estatuto do conhecimento científico» e «Temas/problemas da cultura científico-tecnológica» - do módulo «Conhecimento e racionalidade científica e tecnológica».

Os documentos «Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências essenciais» e «Ciências Físicas e Naturais, Orientações curricular, 3º ciclo» apontam o conhecimento epistemológico como uma das competências específicas para a literacia científica a desenvolver durante o 3º ciclo:

“Conhecimento epistemológico - propõe-se a análise e debate de relatos de descobertas científicas, nos quais se evidenciem êxitos e fracassos, persistência e formas de trabalho de diferentes cientistas, influências da sociedade sobre a Ciência, possibilitando ao aluno confrontar, por um lado, as explicações científicas com as do senso comum, por outro a ciência, a arte e a religião” (Abrantes, 2001, p. 133 e Galvão, 2002, p. 7)

A componente de Geologia do programa de 10º e 11º anos e o programa de Geologia do 12º ano expressam a natureza da Ciência como uma finalidade:

“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 *et al.*, 2001, p. 7; Amador & Silva, 2004, p. 4)

A componente da Biologia do programa de 10º e 11º anos também contempla nos seus princípios gerais a natureza da Ciência do seguinte modo:

“O seu ensino deve permitir que os jovens compreendam aspectos da natureza da própria Ciência e da construção do conhecimento científico. Entenda-se Ciência enquanto processo (o que os cientistas fazem e como fazem), corpo de conhecimentos, forma de compreender a realidade e, sobretudo, actividade humana que não é neutra.” (Amador *et al.*, 2001, p. 65)

O programa de Biologia do 12º ano também inclui a natureza da Ciência como uma das finalidades:

“A compreensão do valor da ciência enquanto corpo de conhecimentos, que evolui sempre que soluções mais explicativas são encontradas, enquanto processo, que engloba o que os cientistas fazem e como o fazem, enquanto forma de entender a realidade e, sobretudo, enquanto actividade humana, que não pode ser considerada neutra ou isenta das influências sociais inerentes a cada época e a cada contexto.” (Mendes *et al.*, 2004, p. 4)

Tal como os programas anteriores, os de Física e Química A dos 10º e 11º anos salientam princípios que se enquadram no contexto acabado de descrever:

“A educação sobre a Ciência tem como objecto de estudo a natureza da própria ciência, ou seja, os aspectos metacientíficos. Esta dimensão questiona o estatuto e os propósitos do conhecimento científico. Mas, para que esta reflexão não se dirija apenas à sua validade científica interna (por exemplo, métodos e processos científicos), é fundamental que o currículo escolar se debruce sobre processos e objectos técnicos usados no dia-a-dia, que se discutam problemáticas sócio-científicas, que se revele a Ciência como uma parte do património cultural da nossa época.” (Martins & Caldeira, 2001, p. 4)

“Procurar-se-á também confrontar explicações aceites em diferentes épocas como forma de evidenciar o carácter dinâmico da Ciência, assente mais em reformulações e ajustes do que em rupturas paradigmáticas.” (Martins & Caldeira, 2003, p. 2)

Na mesma linha, no 12º ano, a natureza da Ciência é apresentada como uma das competências da dimensão dos saberes no programa de Química e como um objectivo geral no programa de Física, respectivamente:

“competências epistemológicas (visão geral sobre o significado da Ciência, e da Química em particular, como forma de ver o mundo, distinta de outras interpretações)” (Martins *et al.*, 2004, p. 10)

“Realçar a natureza do conhecimento científico, a forma como ele é construído e validado, distinguindo-o de outros tipos de conhecimento” (Fiolhais *et al.*, 2004, p. 5)

Qualquer um dos documentos mencionados explicita ainda em outras secções, como por exemplo aquelas em que é apresentado o desenvolvimento do programa e/ou são descritas algumas sugestões metodológicas, outros atributos caracterizadores da natureza da Ciência. Deste modo, o reconhecimento atribuído à natureza da Ciência como uma dimensão da Educação em Ciências é consentâneo com as orientações emergentes do campo da Didáctica das Ciências (v. Hodson, 2000) e com o desenvolvimento da literacia científica na perspectiva explanada anteriormente (v. secção 1.1.1).

À excepção do programa de Física do 12º ano, que reflecte alguma ambiguidade, os atributos incluídos nos outros programas apontam para a promoção de uma imagem de Ciência concordante com as perspectivas epistemológicas actuais, isto é, com perspectivas de cariz pós-positivista. O papel da História da Ciência no suporte a estratégias de ensino promotoras da compreensão da natureza da Ciência é também

salientado em algumas unidades didáticas. Os atributos de natureza epistemológica e as sugestões didáticas apoiadas na História da Ciência explicitadas nos programas curriculares da área de Ciências Naturais e da área de Biologia e Geologia (Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias) serão objecto de uma análise pormenorizada numa secção posterior.

O programa de Filosofia do 11º ano não enumera atributos da natureza da Ciência tão explicitamente quanto os programas da área de Ciências. A proximidade da Filosofia às Ciências torna-se mais evidente ao analisar-se bibliografia construída com o fim específico de apoiar/facilitar a compreensão da temática - processo de construção do conhecimento científico - na disciplina de Filosofia. Como exemplo, aponta-se o livro «Eles não sabem que eu sonho... Um jovem poeta no país da Ciência» (Café, 2001), em que é encenado um «Diálogo sobre a Ciência» à volta de quatro personagens que protagonizam quatro adolescentes com formações académicas distintas e discutem o significado de Ciência tendo como ponto de partida o seu conhecimento prévio. Este texto, pelo seu formato de diálogo e pela atractividade que este lhe confere, poderá facilitar a consciencialização das concepções prévias dos alunos sobre a natureza da Ciência e, desta forma, constituir um suporte à exploração dos episódios de natureza epistemológica na área das Ciências.

O cenário acabado de descrever mostra a partilha de metas educacionais semelhantes por diferentes áreas do conhecimento e é sugestivo da exploração da natureza da Ciência numa via promotora da interdisciplinaridade.

Em síntese, do exposto ressalta a importância conferida à natureza da Ciência como uma das dimensões da Educação em Ciências, em documentos definidores da política educativa - «Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências essenciais» e «Orientações curriculares»/«Programas das disciplinas» -, resultantes da reorganização e reforma curriculares recentes. É uma componente que atravessa os vários anos de escolaridade, o que mostra que a valorização que lhe é atribuída não é pontual, sendo considerada como parte integrante da literacia científica ou da cultura de qualquer cidadão da sociedade contemporânea. Esta transversalidade é propiciadora da interligação das várias aprendizagens e, desta forma, do alargamento progressivo da compreensão da natureza da Ciência. A valorização evidenciada coloca implicações ao nível dos manuais escolares, que de alguma forma devem procurar veicular uma visão

epistemológica consentânea com o preconizado nos currículos. Importa, então, continuar a analisar o grau de valorização atribuída a esta componente pelos manuais escolares actuais, nomeadamente se traduzem orientações recentes ou continuam aprisionados a perspectivas de Ciência de cariz positivista, apontadas por alguns estudos como as que correntemente têm sido veiculadas por manuais escolares portugueses de diversas áreas do domínio das Ciências: Ciências da Natureza (Valente, 1989; Santos, 1998, 1999 e 2001; Duarte, 1999) e Química (Campos, 1996; Campos & Cachapuz, 1997; Cardoso & Duarte, 2005).

#### **1.1.4. A relevância do manual escolar no ensino-aprendizagem das Ciências**

A escola tem um contributo importante a dar no desenvolvimento de cidadãos cientificamente cultos. Na escola, os professores, os alunos e os materiais didácticos são peças fulcrais para a concretização de qualquer processo de ensino-aprendizagem. Neste processo, a relação estabelecida entre esses três elementos traduz-se na influência que uns exercem sobre os outros. A formação do aluno está, assim, condicionada por factores intrínsecos (por exemplo, as suas próprias concepções prévias) e por factores extrínsecos (por exemplo, o professor e os materiais didácticos).

No repertório dos materiais didácticos, o manual escolar é aquele que assume maior protagonismo. Este é induzido, à partida, pelas regras estabelecidas pelo próprio Ministério da Educação no que respeita à adopção e período de vigência do manual escolar. Algumas investigações mostram que este protagonismo é acentuado pelo modo como alguns professores focalizam o processo de ensino-aprendizagem no manual escolar. Constata-se que muitos professores, especialmente os menos experientes, utilizam o manual escolar como um substituto do programa curricular, um guia inquestionável que será seguido na planificação das actividades lectivas. O manual escolar exerce a sua influência através dos elementos que lhe dão forma (texto, actividades de aprendizagem - de lápis e papel e laboratoriais) e do modo como está estruturado (sequência e nível de formulação dos conteúdos, tipo e localização das actividades de aprendizagem). Assim, a dependência de muitos professores face a este recurso didáctico traduz-se, frequentemente, na adopção da sequência e do grau de profundidade de abordagem dos vários temas científicos, do tipo de actividades de aprendizagem, das questões para avaliação, das figuras, das tabelas, dos gráficos e dos exemplos determinados pelo manual escolar (Brigas, 1997). Muitos professores

socorrem-se também do manual escolar como uma fonte de esclarecimento do significado de conceitos científicos (Brigas, op. cit.). É ainda de referir que alguns professores nem sempre se limitam à utilização do manual escolar adoptado, recorrendo a outros com o intuito de superar as dificuldades que encontram na utilização do primeiro (Brigas, op. cit.).

A utilização acrítica do manual escolar determina que seja este o elemento educacional a definir a perspectiva de ensino a ser implementada e, conseqüentemente, as competências a serem desenvolvidas nos alunos. Contudo, é sobre os autores que recai a autoridade dessa definição dado que o manual escolar traduz as suas intenções, isto é, transmitem uma mensagem que materializa a perspectiva de ensino e de aprendizagem que pretendem ver implementada. A existência de actividades de aprendizagem no manual escolar, para além do texto e da imagem, confere-lhe um estatuto que pode ultrapassar a mera transmissão de conhecimento científico e atribuir ao aluno um papel que vai além do mero consumo de informação científica. Certamente que os autores ao integrarem no manual escolar actividades de aprendizagem, esperam que elas sejam realizadas pelos alunos. Assim, se, por um lado, essas actividades poderão estar orientadas para o desenvolvimento das competências de pensamento crítico do aluno, por outro lado, poderão induzir uma perspectiva de ensino e uma imagem da natureza da Ciência concordantes ou não com as conceptualizações defendidas na actualidade.

## **1.2. Âmbito e objectivos do estudo**

O presente estudo enquadra-se no âmbito de um campo disciplinar específico – Metodologia do Ensino da Biologia e Geologia. Assim, insere-se numa linha de investigação focalizada na transposição de pressupostos do campo da epistemologia da Ciência para o Ensino das Ciências.

No âmbito do projecto de investigação, definem-se os seguintes objectivos:

- a) Identificar as imagens da natureza da Ciência veiculadas nos documentos oficiais orientadores do processo de ensino-aprendizagem de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia.

- b) Identificar as imagens da natureza da Ciência veiculadas nos manuais escolares de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia.
- c) Identificar o grau de incidência de bibliografia passível de contribuir para a exploração da natureza da Ciência referida nos documentos oficiais orientadores do processo de ensino-aprendizagem de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia.
- d) Identificar a ênfase atribuída à natureza da Ciência nas actividades de avaliação incluídas nos manuais escolares de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia.
- e) Identificar o grau de incidência de bibliografia passível de contribuir para a abordagem da natureza da Ciência referida nos manuais escolares de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia.
- f) Avaliar o papel das variáveis “ano de escolaridade” e “conteúdo científico” nas imagens da natureza da Ciência veiculadas nos manuais escolares de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia.
- g) Analisar a articulação entre os documentos oficiais orientadores do processo de ensino-aprendizagem e os manuais escolares de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia no domínio “natureza da Ciência”.
- h) Analisar as percepções dos autores sobre a operacionalização da natureza da Ciência nos manuais escolares de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia.
- i) Identificar as percepções dos professores sobre as imagens da natureza da Ciência veiculadas nos manuais escolares de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia.

O estudo desenrola-se em torno de um grupo de manuais escolares destinado às disciplinas de Ciências Naturais (3º ciclo do ensino Básico) e de Biologia e Geologia (10º e 11º anos de escolaridade). Excluiu-se o último ano do ensino Secundário - 12º ano – uma vez que o currículo a ele correspondente, decorrente da última reforma educativa, entraria em vigor apenas no ano lectivo de 2005/2006 já no período terminal deste trabalho de investigação.

### 1.3. Importância do estudo

Tendo em conta a influência que o manual escolar exerce na mediatização do processo de ensino-aprendizagem, torna-se relevante que a investigação lhe dedique a atenção merecida. Proporcionar dados que permitam a compreensão e o aperfeiçoamento deste recurso didáctico enquanto elemento que contribui para a aprendizagem dos alunos será certamente uma questão de interesse educativo. É necessário contribuir para a inversão da situação constatada em algumas investigações: a influência diminuta dos resultados da investigação em ensino das Ciências na concepção dos manuais escolares (Duarte, 1999; Santos, 2000; Amaro, 2005).

Face à responsabilidade que recai sobre os autores, é igualmente importante serem auscultados no sentido de determinar a forma como pensam ter operacionalizado as concepções que perfilham para o ensino-aprendizagem, especificamente no que diz respeito às concepções sobre natureza da Ciência. Torna-se ainda relevante determinar os possíveis constrangimentos que encontraram durante essa concretização. No entanto, a mensagem que o autor transmite ao aluno, através do manual escolar, é interceptada e influenciada pela leitura que o professor faz do manual escolar. É, então, fulcral analisar essas formas de leitura e a sua articulação com as conceptualizações que os autores pretendiam ver traduzidas nos manuais escolares.

É ao professor que compete a escolha do manual escolar e é também o professor que o manipula com os alunos, pelo que é fundamental que as actividades de aprendizagem propostas pelos autores e a forma como são olhadas pelos professores se baseiem em princípios educacionais actuais. A verificação destas condições conduzirá à optimização e a uma maior eficácia do processo de ensino-aprendizagem. Certamente, não fará qualquer sentido a proposta de actividades de aprendizagem inadequadas para o professor as reelaborar, como também não será aceitável a utilização adulterada das sugestões dos autores. Contudo, a capacidade do professor em olhar criticamente as actividades de aprendizagem e as transformar sempre que, fundamentado em princípios pedagógicos concretos, o considere necessário, deverá acompanhar a sua actividade lectiva. Assim, é imperioso contribuir para a reflexão e crítica dos manuais escolares por parte dos professores/utilizadores, de forma a que procedam a uma selecção mais fundamentada e que tomem consciência de que o manual escolar é um auxiliar de natureza pedagógica que pode ser, por eles, modificado e corrigido (Jiménez Aleixandre, 1997). A formação de professores e autores assume um papel fundamental

no cumprimento dos objectivos atrás assinalados. A formação necessária deverá caracterizar-se pelo envolvimento real dos professores e autores na análise e transformação dos vários elementos constituintes do manual escolar, pois só assim se conseguirá promover a alteração das suas concepções e práticas. Este trabalho poderá ainda dar um contributo importante na definição de programas de formação inicial e contínua de professores.

#### **1.4. Limitações do estudo**

O presente estudo apresenta limitações que advêm da dimensão do *corpus* de manuais escolares em análise e da amostra de professores e de autores de manuais escolares que nele participaram.

O *corpus* de análise restringe-se a um grupo de cinco manuais escolares de um universo de 29 manuais disponíveis no mercado livreiro português. Abarca cinco anos de escolaridade: três do 3º ciclo do ensino Básico (7º, 8º e 9º) e os dois primeiros do ensino Secundário (10º e 11º). A necessidade de controlar a variável «autor» exigiu a selecção de um conjunto de manuais elaborados pela mesma equipa. Decorrente deste facto, os autores envolvidos pertencem apenas a uma equipa.

A selecção dos manuais condicionou a amostra de professores envolvidos. Apenas participariam no estudo aqueles que, no ano lectivo de 2005/2006, estavam a utilizar estes manuais pela segunda vez ou aqueles que, embora não os estivessem a usar, já o haviam feito num período anterior e se sentiam suficientemente familiarizados com eles para responderem ao questionário que lhes foi dirigido.

Face ao exposto, não é possível generalizar os resultados. No entanto, as conclusões geradas podem ser usadas tanto por autores de outros manuais escolares como por todos os professores. As conclusões são transferíveis para outros contextos de concepção e produção de manuais escolares de Ciências. Para os professores, poderão constituir um ponto de partida para uma reflexão direccionada não só para a selecção de manuais escolares mas também para a utilização do manual escolar nas práticas lectivas.

#### **1.5. Estrutura geral da tese**

A terminar este capítulo introdutório, resta apresentar a estrutura do texto desta tese. Está organizada em 5 capítulos. Inicia-se com o presente capítulo – *Da*

*Contextualização à definição do estudo* - em que se explicita o contexto da gênese deste trabalho, os objectivos, a relevância e as limitações do estudo, além do plano geral da dissertação que constitui esta secção.

O capítulo II – *Revisão de literatura* - é dedicado ao suporte teórico relevante ao campo de estudo. Explora-se a importância da natureza da Ciência no ensino das Ciências, analisam-se propostas de abordagem da natureza da Ciência e descrevem-se as imagens de Ciência veiculadas por manuais escolares de Ciências a partir da revisão de alguns estudos ilustrativos.

Segue-se a descrição do estudo empírico no capítulo III – *Metodologia da investigação*. Este capítulo está subdividido em função de cada uma das vertentes do estudo: 1) Imagens da natureza da Ciência nos documentos oficiais orientadores do processo de ensino-aprendizagem de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia; 2) Imagens da natureza da Ciência nos manuais escolares de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia; 3) Percepções dos professores sobre as imagens da natureza da Ciência veiculadas nos manuais escolares de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia e 4) Percepções dos autores sobre a operacionalização da natureza da Ciência nos manuais escolares de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia. Caracterizam-se os *corpora* de análise e os critérios de selecção dos professores e dos autores que participaram no estudo. Descrevem-se os procedimentos de recolha e análise de informação e os processos de validação dos instrumentos de investigação em função de cada uma das vertentes que integram o estudo.

O capítulo IV – *Apresentação e análise de resultados* - incide na apresentação e análise dos resultados por referência a cada uma das vertentes do estudo procedendo-se a alguma triangulação de informação obtida nessas vertentes.

O último capítulo - *Conclusões, Implicações e Sugestões* - apresenta as principais conclusões, discute possíveis contributos do estudo para o ensino das Ciências e a formação profissional e propõe sugestões para futuros trabalhos de investigação.

Finaliza-se a dissertação com a apresentação das referências bibliográficas e dos respectivos anexos.



## II – REVISÃO DE LITERATURA

### Introdução

O capítulo de revisão de literatura delimita um quadro teórico que alicerça o presente estudo. Resulta da consulta de bibliografia incidente, fundamentalmente, em duas áreas do saber: epistemologia do conhecimento científico e didáctica das ciências. A selecção destas duas áreas resulta do facto do presente estudo incidir na transposição de perspectivas acerca da construção do conhecimento científico para o ensino das Ciências. Assim, o capítulo estrutura-se em quatro secções:

(1) *A ciência na óptica da epistemologia*<sup>15</sup>: efectua-se a revisão de algumas correntes acerca da construção do conhecimento científico tendo em atenção o contributo proveniente de diferentes áreas do saber - Filosofia, História, Sociologia e Psicologia da Ciência. A pluralidade de correntes é um indicador do carácter complexo desta temática. Conscientes das limitações consequentes, opta-se, então, por efectuar uma abordagem parcelar, explorando apenas algumas dimensões epistemológicas, aquelas que consideramos essenciais na transposição desta temática para o ensino das Ciências. Neste sentido, esta abordagem não assenta na problematização filosófica que determina a estruturação dessas correntes.

(2) *Operacionalização da natureza da Ciência no ensino das Ciências*: enumeram-se os argumentos apontados para a inclusão da natureza da Ciência como uma vertente da educação em Ciências e procede-se ao levantamento de propostas que incidem na abordagem da natureza da Ciência, em concordância com as perspectivas epistemológicas defendidas na actualidade.

(3) *Imagens da natureza da Ciência em manuais escolares de Ciências*: analisam-se investigações, já realizadas, que tomam manuais escolares de Ciências como objecto de estudo com o intuito de identificar as imagens por eles veiculadas acerca dos processos envolvidos na construção do conhecimento e das características que a ciência adquire decorrente da implementação desses processos.

---

<sup>15</sup> Nesta secção (2.1), considerou-se necessário mencionar a data da edição original das obras consultadas dado o desfasamento temporal entre a edição original e a edição actual. A indicação da edição original far-se-á em nota de rodapé e, apenas, no primeiro momento em que se aludir a cada obra. Esta indicação ocorre, em particular, nas obras de Karl Popper, Thomas Kuhn, Imre Lakatos, Larry Laudan, Stephen Toulmin e Paul Feyerabend.

## 2.1. A Ciência na óptica da epistemologia: uma súmula

Ao percorrer-se a pluralidade de correntes acerca da produção do conhecimento científico e da natureza deste conhecimento, defendidas ao longo dos tempos, verifica-se que se está perante uma problemática em permanente discussão e, certamente, inacabada. Evidencia, tal como o próprio conhecimento científico, uma actividade e um “corpo” de conhecimento de natureza dinâmica e temporal. Evidencia, também, um campo de reflexão de natureza pluridisciplinar. Consta-se, ainda, que nenhuma corrente recebe um estatuto prioritário na análise da produção do conhecimento científico (Echeverría, 1995). Já no início da década de 30 do séc. XX, Gaston Bachelard (1986<sup>16</sup>), ao sublinhar a inexistência de um estado estável na alegada unidade da Ciência, alertava para a perigosidade em postular uma epistemologia unitária.

Um olhar retrospectivo começa por nos conduzir até ao empirismo e racionalismo. São duas correntes que, pela natureza da origem única e universal atribuída ao conhecimento científico, ocupam posições extremas. A assunção do conhecimento científico como uma aquisição efectuada por seres humanos determinou a atribuição da sua origem a capacidades próprias da natureza humana (Chalmers, 1994<sup>17</sup>): (1) a observação através do uso dos órgãos dos sentidos e (2) a capacidade de raciocinar. Neste sentido, a origem do conhecimento científico está, segundo o empirismo, na observação/na experiência e, segundo o racionalismo, na razão/no pensamento (Hessen, 1978<sup>18</sup>).

O mérito histórico do empirismo e do racionalismo está na relevância atribuída ao papel da experiência e da racionalidade na produção do conhecimento científico (Hessen, 1978). Embora o mérito seja reconhecido, são apontadas limitações a estas perspectivas epistemológicas decorrentes da natureza dualista, reducionista, elitista e hegemónica que as caracteriza (Freitas, 2007). Perante o antagonismo que representam, surgiram correntes que consideram a intervenção tanto da razão como da experiência na produção do conhecimento científico. Estas correntes apontam, na relação razão-experiência, uma intervenção diferenciada da razão e da experiência que as aproximam ou do racionalismo ou do empirismo (v. Hessen, 1978). Bachelard (1986) enfatiza a

---

<sup>16</sup> Edição original: 1934

<sup>17</sup> Edição original: 1990

<sup>18</sup> Edição original: 1926

intervenção dialógica da razão e da experiência na construção do conhecimento científico. Afirma que qualquer perspectiva que limite a produção do conhecimento científico a uma visão empirista ou racionalista constitui um obstáculo epistemológico, isto é, um bloqueio ao próprio acto de conhecer e à evolução do pensamento científico. Considera o empirismo e o racionalismo como duas perspectivas que se complementam. Defende que:

“a partir do momento em que se medita na acção científica, apercebemo-nos de que o realismo e o racionalismo trocam entre si infindavelmente os seus conselhos. Nem um nem outro isoladamente basta para constituir a prova científica (...) as relações entre a teoria e a experiência são tão estreitas que nenhum método, quer experimental, quer racional, tem a garantia de conservar o seu valor” (Bachelard, 1986, p. 14)

É, neste mesmo sentido, que aponta o posicionamento definido por Jorge Valadares (1995, 2003) na sequência da análise de várias correntes epistemológicas. Acentua a interacção dialéctica entre a razão, de natureza crítica, e a experiência. Defende a assunção de uma atitude/perspectiva que designa como *filosoficamente construtivista* e que define como a aceitação e superação dos argumentos das várias correntes filosóficas. Assim, enfatiza a impossibilidade de perspectivar a construção do conhecimento científico assente num só método:

“O conhecimento dos objectos naturais e dos artefactos é uma construção humana resultante de interacções complexas envolvendo sujeitos e esses objectos em que nem uns nem outros têm a hegemonia epistemológica. (...) Sem recurso ao conteúdo da mente seria impossível interrogar a natureza e sem os dados fornecidos pela natureza não haveria mais conhecimento na mais rica das mentes. É, pois, descabido defender-se para as ciências da natureza um método, seja ele empírico-indutivista ou racionalista.” (2003, pp. 1243-1244)

Edgar Morin (1991) perspectiva a Ciência como um empreendimento caracterizado pela *complexidade*, uma vez que se funda, simultaneamente, em processos de consenso e de conflito. Defende que a Ciência:

“Caminha sobre as suas patas independentes e interdependentes: a racionalidade, o empirismo, a imaginação, a verificação. Há conflitualidade permanente entre racionalismo e empirismo: o empírico destrói as construções racionais que se reconstituem a partir das novas descobertas empíricas. Há complementaridade conflitual entre a verificação e a imaginação.” (pp. 127-128)

Acentua, ainda, a importância em visualizar a Ciência como um fenómeno social assente na reciprocidade da relação Ciência-Sociedade.

Na perspectiva de Alan Chalmers (1994), a verdadeira objecção a colocar ao empirismo e ao racionalismo está relacionada com a selecção da natureza dos seres humanos como o critério determinante da natureza do processo de criação científica. As capacidades de pensar e sentir, próprias dos seres humanos, não são postas em causa. A crítica de Chalmers acentua a importância em contemplar a influência do contexto social, cultural e histórico em que o cientista está inserido. Neste sentido, considera que não é possível procurar uma origem de carácter universal para o conhecimento científico porque os processos racionais, empíricos e experimentais mudam e evoluem em paralelo à alteração dos contextos sociais e históricos. Segundo Chalmers, estão nesta linha de pensamento os filósofos que apontam a importância em centrar a compreensão do processo de criação científica mais na própria Ciência e nos métodos que ela incorpora do que nos cientistas, na sua natureza. Neste sentido, considera que assume um papel relevante a análise da História da Ciência. Thomas Kuhn, Imre Lakatos, Larry Laudan e Paul Feyerabend são alguns filósofos que dão atenção detalhada à História da Ciência.

Kuhn marca uma viragem no sentido imprimido à (des)articulação da história da Ciência e da sociologia da Ciência com a filosofia da Ciência. Esta viragem supunha a negação da separação entre o *contexto de descoberta* e o *contexto de justificação*, distinção proposta por Hans Reichenbach, em 1938, e, amplamente, aceite pelos defensores da “concepção herdada” (v. Echeverría, 2003). O significado atribuído a contexto de descoberta está sintetizado por luz (2002), do seguinte modo:

“O estudo do «contexto da descoberta» refere-se aos condicionalismos históricos e psicológicos que envolvem os processos científicos de pesquisa, nomeadamente as circunstâncias que acompanham a concepção duma nova teoria ou a descoberta duma nova explicação da realidade.” (pp. 154-155)

Reichenbach distingue estes dois contextos na sequência da perspectiva defendida em que assenta o papel dos epistemólogos nas reconstruções lógicas dos processos científicos atendendo apenas a factores internos, isto é, ao contexto de justificação

(1938 in Echeverría, 1995 e 2003<sup>19</sup>). Assim, o estudo do contexto de descoberta não faz parte das competências dos epistemólogos.

Kuhn enfatiza a importância de uma historiografia da Ciência que esteja focalizada na análise das investigações, do modo de pensar, dos debates, no contexto de cada época e não por referência à Ciência actual. Lakatos (1999<sup>20</sup>) toma como ponto de partida a afirmação – “*A filosofia da ciência sem a história da ciência é vazia; a história da Ciência sem a filosofia da Ciência é cega*” (p. 21) - parafraseada de uma afirmação célebre de Kant, enfatizando a importância da conjugação dos saberes oriundos da história da Ciência e da filosofia da Ciência na compreensão da produção do conhecimento científico. Estabelece a distinção entre *história interna* e *história externa*. O significado que lhes é atribuído está sintetizado, por Echeverría (2003), do seguinte modo:

“(...) a história interna centrar-se-ia exclusivamente no desenvolvimento dos conceitos, métodos, experimentação e investigações dos cientistas, prescindindo dessas mediações exteriores, na base de que o importante em filosofia da ciência consiste em analisar a mudança científica, entendendo por esta as mudanças conceptuais, heurísticas, metodológicas e ontológicas.” (p. 134)

“A interrelação entre história e filosofia da ciência culmina com a elaboração da história interna em causa, devendo esta ser complementada pela história externa. A história externa insiste mais nos factores alheios à própria comunidade científica: condições económicas e sociais da actividade científica, situação política, correntes ideológicas, características individuais dos cientistas, etc.” (p. 157)

Kuhn reconhece a importância da história externa mas defende a possibilidade de se construir uma história da ciência exclusivamente interna. Lakatos também acaba por dedicar maior atenção à história interna do que à história externa. Atribui uma importância secundária à história externa. Considera que “*os problemas mais importantes da história externa são definidos pela história interna*” (Lakatos, 1998<sup>21</sup>, p.40).

---

<sup>19</sup> Edição original: 1998; edição revista: 1999

<sup>20</sup> Edição original: 1978

<sup>21</sup> Edição original: 1978

Laudan defende a inexistência de uma racionalidade a-histórica. Entende a ciência como dinâmica e diacrónica, ideia apoiada na mudança dos critérios de cientificidade ao longo dos tempos.

A distinção entre “contexto de descoberta” e “contexto de justificação” tem sido objecto de questionamento. Echeverría (1995) é um dos filósofos que tem apontado algumas críticas. Justifica a sua posição de discordância com a visão da Ciência como uma actividade de maior amplitude e diversidade do que a que está expressa na referência a apenas estes dois contextos. Na sequência deste posicionamento, apresenta uma proposta que distingue quatro contextos na actividade científica: contexto de *educação*; contexto de *inovação*; contexto de *avaliação* e contexto de *aplicação*.

O contexto de *educação* abarca o ensino e a divulgação do conhecimento científico. É no ensino da Ciência que se inicia o desenvolvimento de competências que permitirá a cada indivíduo tornar-se membro de uma comunidade científica específica. Olga Pombo assinala que é “*o aparecimento do ensino que torna possível a constituição do conhecimento científico*” (2002, p. 184). Apresenta o argumento de que as Ciências e a Filosofia são o produto de uma longa história da cultura escolar, no seio da qual se institucionalizaram práticas de comunicação constitutivas do processo de construção do conhecimento. A segunda vertente do contexto de educação - divulgação da Ciência – evidencia a importância na difusão da Ciência a um público mais alargado do que aquele a quem se destina o ensino, proporcionando-lhe uma informação mais simplificada e acessível. Esta divulgação origina uma imagem social da investigação científica, do progresso científico e de uma imagem social do mundo.

O contexto de *inovação*, embora inclua o antigo contexto de descoberta, é assim designado para contemplar os processos de inovação e invenção. Pretende contemplar a tecnociência e, neste sentido, não ficar restrito à actividade científica dita “clássica”.

O contexto de *avaliação* corresponde a uma ampliação do antigo contexto de justificação. Engloba não só a valorização da descoberta de novos dados empíricos mas também do interesse da actividade tecnocientífica. Este contexto também está mediatizado pela comunidade científica e pela sociedade em geral.

O contexto de *aplicação* refere-se à implantação da tecnociência na sociedade intimamente associada a uma política científica. Neste contexto, a utilidade social e a rentabilidade económica da tecnociência são exemplos de aspectos discutidos. Echeverría alerta para o carácter funcional pretendido com esta divisão e para a

ausência de uma intencionalidade demarcacionista uma vez que os vários contextos estão interligação e sujeitos a influências mútuas.

A partir da segunda metade do século XX, a História da Ciência e a Filosofia da Ciência perderam a hegemonia na interpretação do processo de criação científica. Emergiram, com nova acuidade, a Sociologia do Conhecimento Científico e a Psicologia da Ciência. A Sociologia do Conhecimento Científico deu origem a várias linhas de investigação (Echeverría, 1995 e 2003). Esta área de conhecimento procedeu à análise da produção do conhecimento científico tendo como alguns enfoques:

- a) O conhecimento produzido colectivamente, isto é, enquadrado num cenário social. Parte-se da ideia de ciência como uma profissão que se desenvolve através de instituições científicas e que a organização destas depende de factores sociais como a confiança, a autoridade e o reconhecimento. Assim, as acções dos investigadores estão muito mais sob a influência destes factores do que sob a influência da procura da verdade.
- b) O contexto cultural da época em que o conhecimento é produzido. São enfatizadas as controvérsias e os processos de consenso entre os cientistas.
- c) O lugar real do trabalho científico: o laboratório. Os produtos da ciência são o resultado de um processo reflexivo. Acentuam a importância dos debates e dos processos de consenso ocorridos no seio de uma equipa de investigação.
- d) O sujeito da ciência. Este enfoque dá origem à discussão da individualidade epistemológica versus comunidade epistemológica; da distinção contexto de descoberta versus contexto de justificação; da carga sexista de alguns conceitos, teorias, dicotomias e metáforas da ciência; das ideias e crenças projectadas pelas metáforas usadas pelos cientistas; da componente valorativa da ciência.

A Psicologia desenvolve uma abordagem cognitiva na interpretação do processo de construção do conhecimento científico (Echeverría, 2003). Esta abordagem assenta nos seguintes pressupostos:

- a) o conhecimento científico, incluindo os seus métodos e princípios epistemológicos, tem um carácter evolutivo;
- b) os cientistas constroem representacionalmente o conhecimento científico;
- c) a ciência envolve um *saber fazer*;

- d) os modelos científicos não são apenas teóricos, incluem também uma componente pragmática.

Na perspectiva de Carrilho (1994), a actual pluralidade de visões acerca da actividade científica conduz a um reposicionamento da Ciência na relação Ciência-Cultura:

“E sendo assim a exigência objectivista a que modernamente se associou a ciência passa para outro plano, talvez, como sustenta Rorty, substituída pela exigência de *solidariedade* (cf. Rorty, 1988): é que, no cerne da actual problemática da filosofia das ciências, parte-se do reconhecimento de que os próprios modelos da actividade científica se pluralizam, valorizando-se por isso cada vez mais claramente as suas múltiplas articulações com as dimensões especulativa e crítica da cultura. A ciência abandona de vez o sonho iluminista de ser o *modelo* da cultura – do seu desenvolvimento e das suas modalidades – para se tornar numa das suas *formas*, cujos pressupostos, valores e objectivos são agora os principais eixos de um debate sempre em aberto.” (Carrilho, 1994, p. 50)

A visão traçada fornece uma panorâmica geral do debate em torno da epistemologia do conhecimento científico. São, em seguida, abordadas algumas dimensões do processo de construção do conhecimento científico em que têm incidido este debate.

### **Método científico único *versus* pluralidade metodológica**

O conhecimento científico, numa perspectiva empirista, é visualizado como um produto resultante de um processo de descoberta. Este pressupõe um método de natureza indutiva, em que a partir da observação se origina o conhecimento científico. Assim, a Ciência parte da observação, da percepção dos sentidos. O espírito humano está desprovido de qualquer conhecimento e é a experiência que nele inscreve todos os conceitos.

As ideias de Karl Popper marcam a transição para um período epistemológico pós-positivista. Popper (2001<sup>22</sup>). aponta a origem da Ciência em problemas e não na observação. Reconhece a importância dos órgãos dos sentidos na aquisição de informação acerca do mundo mas defende a inexistência de observação na ausência de

---

<sup>22</sup> Edição original: 1999

um problema. Neste sentido, uma teoria científica “*constitui sem dúvida, uma tentativa de resolver um problema científico, ou seja, um problema referente ou ligado à descoberta de uma explicação*” (Popper, 2006<sup>23</sup>, p. 302). Os problemas surgem num determinado estágio de conhecimento acumulado. Podem ter origens diversas: emergir no seio de uma teoria, entre duas teorias e na sequência da colisão entre as teorias perfilhadas e as observações efectuadas. A emergência de novos problemas levantados por uma teoria é o que a torna fecunda.

Kuhn (2006<sup>24</sup>), também, não atribui à observação a fonte do conhecimento. Introduce a concepção de *paradigma* e atribui a este o papel de orientação do trabalho dos cientistas. Conceptualiza paradigma como um conjunto ordenado de elementos de natureza diversificada - conceitos, leis, teorias, modelos, procedimentos, crenças, valores - perfilhado pelos investigadores de uma dada área científica que torna viável a comunicação entre eles e garante uma unanimidade de julgamento profissional. É, então, o paradigma que define o campo de trabalho do cientista, orienta a pesquisa, mostra os problemas passíveis de investigação e a natureza das soluções admissíveis. Um problema só é considerado como tal se estiver suposta a existência de uma solução.

Lakatos (1999) reformula o conceito de paradigma de Kuhn e redefine-o como *programa de investigação científica*. A unidade base de análise epistemológica deixa de ser uma teoria para passar a ser uma sucessão de teorias. Assim, um programa de investigação científica é o conjunto de uma série estruturada de teorias e de regras metodológicas que apontam linhas orientadoras da investigação.

Bachelard (2006b) também atribui a origem da Ciência a problemas, sublinhando que “*todo o conhecimento é uma resposta a uma pergunta*” (p. 21). Considera que os problemas não são formulados de um modo espontâneo. Neste sentido, o conhecimento não questionado constitui um obstáculo epistemológico. Considera que a produção do conhecimento científico exige saber formular problemas e que a aquisição progressiva de conhecimento possibilita um melhor questionamento. O reconhecimento de obstáculos epistemológicos pressupõe a ruptura com o conhecimento sensível (comum, usual). Sublinha que o acto de conhecer “*dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos*” (Bachelard, 2006b, pp. 19-20).

---

<sup>23</sup> Edição original: 1963

<sup>24</sup> Edição original: 1962

Laudan (1986<sup>25</sup>) enfatiza a visão da Ciência como uma actividade de resolução de problemas. Pressupõe a existência de dois tipos de problemas: empíricos e conceptuais. Os problemas *empíricos* referem-se a situações do mundo natural que necessitam de uma explicação. Surgem num contexto de indagação teórico e, conseqüentemente, a designação de problema está dependente das teorias perfilhadas. Os problemas *conceptuais* são apresentados por uma teoria e estão dependentes dela. Referem-se a inconsistências e/ou ambigüidades na estrutura conceptual das teorias e a inconsistências ou incompatibilidades lógicas entre teorias.

Laudan apresentou o chamado *modelo reticulado*. É um modelo não hierárquico de Ciência em que teoria, metodologias e objectivos interactuam.

Feyerabend (1993<sup>26</sup>) propõe uma epistemologia apelidada de “anarquista”. Defende o pluralismo metodológico e rejeita a assunção de um método fixo e estável e de uma racionalidade invariável ao longo dos tempos. Nega a existência de uma razão universal e a exclusão da razão. Esta perspectiva “anarquista” não significa a aceitação de todo e qualquer método. Pretende acentuar a necessidade da não restrição da actividade científica a um conjunto definido de regras. Feyerabend chega a propor um procedimento contraindutivo que assenta na contradição sistemática de teorias e resultados experimentais. No entanto, salienta que esta proposta não deve ser encarada como “a” nova regra metodológica e sublinha que qualquer metodologia apresenta limites.

Chalmers (1994), na análise efectuada à perspectiva de Feyerabend, sublinha a rejeição da existência de um método universal e imutável e da adopção de qualquer tipo de método. Aponta a mudança histórica dos métodos e padrões da Ciência. Sublinha que os cientistas procedem a estas alterações quando reconhecem as vantagens daí decorrentes. Na interpretação de Silva (1998), a perspectiva de Feyerabend acentua a importância da proliferação de teorias alternativas, a rejeição de qualquer pretensão de certeza e a compreensão do papel dos métodos na abordagem de novos problemas emergentes em contextos de incerteza.

Segundo Humberto Maturana (1995), o motor da investigação científica está na *emoção*, consubstanciada na curiosidade, na paixão, no prazer de explicar. Maturana perspectiva a construção do conhecimento científico assente num processo de *convivência*. Neste processo, a disposição para a aceitação do outro possibilita o

---

<sup>25</sup> Edição original: 1977

<sup>26</sup> Edição original: 1975; edição revista: 1988

estabelecimento de interações recorrentes que conduzem a um domínio de comportamentos consensuais. Surge, então, a *linguagem* como um constructo da relação do ser humano com os outros. É no seio desta linguagem que emergem os objectos. Assim, Maturana perspectiva a Ciência como “*um domínio cognitivo gerado na actividade humana, relacionada ao que fazemos e vivemos na vida cotidiana, como observadores explicando o que observamos*” (Massoni, 2005, p. 60).

Olga Pombo (2002), também, acentua o papel da linguagem na construção do conhecimento. Aponta-a como sendo indissociável das práticas de comunicação inerentes ao processo de construção do conhecimento. Na sequência das ideias de Schleiermacher, analisa o papel da comunicação segundo duas perspectivas, como um “*momento segundo*” ou como “*constitutiva*” do processo de construção do conhecimento. Associa a primeira – *comunicação como momento segundo na construção do conhecimento* – a uma imagem empirista do trabalho do cientista, caracterizado pela partilha e discussão com os pares só após a obtenção de resultados fiáveis através da repetição sucessiva da experiência. A segunda perspectiva – *comunicação como constitutiva do processo de construção do conhecimento* – pressupõe a construção do conhecimento no interior de uma linguagem, estabelecida no diálogo permanente com os pares. Defende que:

“A linguagem não é um *instrumento* de que nos servimos para comunicar o que já sabemos, mas o meio (*medium*) no qual e pelo qual pensamos e construímos as nossas representações do mundo.” (2002, p. 184)

Na perspectiva empirista, a validação do conhecimento científico assenta no critério da verificabilidade. Este consiste na concordância entre o conhecimento descoberto e os dados resultantes da observação.

Kuhn enfatiza o papel da comunidade científica. A imagem conferida à Ciência é, então, a de uma actividade extraordinariamente específica e sujeita a limites *institucionais, sociais e cognitivos* traçados pelos membros que a praticam (Carrilho, 1988). Estes limites referem-se a:

“*Institucionais*, porque a comunidade assume o exclusivo da produção do saber científico, dos mecanismos do seu ensino e do controlo da sua distribuição. *Sociais*, porque impõe ao corpo social os contornos da sua imagem assim como da imagem da não-ciência, estabelecendo deste modo normas de classificação dos discursos e desencadeando os efeitos

da sua qualificação/desqualificação. *Cognitivos*, porque define com uma extrema nitidez os problemas interessantes de que se poderá ocupar, delimitando os campos do saber e as suas configurações mais persistentes, fora das quais não há conhecimento científico.” (Carrilho, 1988, p. 45)

A comunidade científica é um local onde se desenvolve toda uma dinâmica que envolve a mobilização não só de factores de ordem racional mas também de ordem não racional (Jorge, 2001). Estes últimos factores estão evidenciados “*nas negociações, nos debates, nos instrumentos de persuasão com que os cientistas tentam convencer-se mutuamente*” (op. cit., p. 57). Na perspectiva Kuhniana, a rejeição de uma teoria e a aceitação de outra resulta de um processo de competição entre segmentos da comunidade científica (Kuhn, 2006). Peduzzi (2006) analisa o processo de aceitação de uma nova teoria estabelecendo a analogia entre as revoluções científicas e as revoluções políticas. Embora considere que as revoluções científicas não implicam violência física como se verifica na tomada do poder aquando de uma revolução política, aponta a implementação, pelos defensores de uma teoria, de uma diversidade de acções orientadas para a promoção da adesão da comunidade. Exemplifica com a enumeração das acções conducentes à consolidação da obra de Newton – *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* - num ambiente dominado pelos cartesianos:

“- a dedicação, por Newton, da primeira edição dos *Principia* à Royal Society e seu patrono, o rei James II; - a divulgação da nova ciência em aulas populares; - as críticas dirigidas principalmente às obras cartesianas; - a redacção de livros de acordo com os preceitos do novo espírito científico; - a substituição paulatina nas principais universidades de professores escolásticos e cartesianos por newtonianos ortodoxos (por influência do próprio newton); - a eleição de Newton como presidente da Royal Society.” (Peduzzi, 2006, p. 63)

Segundo Maturana (1995), a validação do conhecimento científico está dependente da aceitação por uma comunidade científica dos critérios de validação que são por ela construídos. Neste sentido, o critério de validação constitui um domínio social uma vez que uma explicação científica permanece válida durante o período de aceitação do critério de validação pela comunidade científica que assim o designa. Os critérios de validação descrevem os processos usados pelos cientistas na prática da investigação científica e são definidos em termos das coerências operacionais dos cientistas.

A emergência de várias correntes epistemológicas acerca da Ciência trouxe contributos importantes para a compreensão da produção do conhecimento científico mas insuficientes para construir uma teoria da Ciência válida para os diversos tipos de Ciência (Echeverría, 1995). Neste sentido, Echeverría propõe o desenvolvimento da filosofia da Ciência assente num pressuposto - *o pluralismo metodológico*:

“la filosofía de la ciencia debe partir del hecho de que la ciencia es *metodológicamente plural*, renunciando a las tentativas de reduccionismo metodológico que han imperado en la filosofía de la ciencia en el siglo XX” (p. 119)

Echeverría defende não só o pluralismo metodológico mas também o pluralismo das Ciências. Considera que a filosofia depara-se com um campo vasto de estudo, caracterizado pela existência de Ciências diversificadas em que, no contexto de cada uma, há o recurso a uma gama variada de métodos, pela influência mútua entre as várias Ciências e por uma actividade científica incidente em contextos diversificados mas interdependentes (educação, inovação, avaliação e aplicação). Apresenta uma listagem de métodos ilustrativa do pluralismo metodológico (pp. 116-118): (1) métodos dedutivos e indutivos; (2) métodos de análise e de síntese; (3) métodos experimentais; (4) método axiomático; (5) métodos matemáticos; (6) métodos de observação; (7) métodos de medição; (8) métodos de classificação; (9) métodos heurísticos; (10) método hipotético-dedutivo; (11) métodos computacionais; (12) métodos hermenéuticos e contextuais e (13) métodos metacientíficos.

### **Observação isenta *versus* observação teórico-dependente**

A perspectiva empirista atribui à observação um carácter objectivo decorrente do uso cuidadoso dos órgãos dos sentidos. A observação é entendida como um processo independente do observador. Assim, é vista como um processo neutro, exacto que permite descrever a realidade tal qual ela é. Fourez (1995<sup>27</sup>) designa este tipo de observação como “*uma mera atenção passiva, um puro estudo receptivo*” (p. 39).

Popper (2006) afirma que a observação está sempre impregnada de teoria. Atribui à observação um carácter selectivo. Esta perspectiva da observação é, também, a

---

<sup>27</sup> Edição original: 1991

perfilhada por Fourez (1995): “*observar é sempre selecionar, estruturar e, portanto, abandonar o que não se utiliza*” (p. 44).

A observação requer a definição de um objecto pelo cientista. Pressupõe a adopção de um sistema de referências. Assim, está dependente do ponto de vista do cientista:

“decorrerá dos seus interesses teóricos, do problema concreto a investigar, das suas conjecturas e antecipações e das teorias por ele aceites como uma espécie de pano de fundo: ou seja, do seu quadro de referências, do seu ‘horizonte de expectativas’.” (Popper, 2006, p. 73)

A observação pressupõe a idealização dum mundo possível, a definição prévia do que é passível de ser observado é uma perspectiva, que também é enfatizada por cientistas como nos mostra François Jacob (1989).

Kuhn, também, defende a ausência de neutralidade da observação, pois, é um processo que está determinado pelo paradigma perfilhado. O modo de ver o mundo muda através dos paradigmas. Os processos perceptivos são influenciados pela experiência previamente assimilada e pelas categorias assumidas.

Fourez (1995) afirma que a observação é uma *interpretação*: a relação do que o cientista vê com os quadros teóricos que possui. A interpretação pode mudar de significado com a alteração do quadro teórico.

Chalmers (1994) sublinha que as objecções colocadas à visão da observação como um processo objectivo incidem na capacidade de identificação de factos passíveis de observação variar de pessoa para pessoa, de cultura para cultura, de escola teórica para escola teórica. Considera que destas críticas sobressai, com frequência, a ideia de que a “*observação é necessariamente subjectiva*” (p. 61). Chalmers manifesta a sua oposição a esta perspectiva, defendendo a ideia de que “*a objectividade é uma realização prática*” (p. 71). Fundamenta esta ideia começando por afirmar que a perspectiva da observação imbuida de elementos subjectivos e culturalmente relativos foi tida em consideração pelos cientistas no desenvolvimento das práticas de investigação científica. Estes terão respondido com a substituição da observação simples pela observação através de processos controlados e de medição. Deste modo, muitas das idiosincrasias da percepção humana poderiam ser superadas. Chalmers sublinha que não pretende negar a dependência da observação em quadros teóricos diversificados e,

consequentemente, sujeitas a alterações. Salienta que são os resultados das intervenções práticas dos cientistas que conferem objectividade e credibilidade às observações.

### **Progresso científico cumulativo *versus* progresso científico não cumulativo**

O desenvolvimento do conhecimento é enfatizado por vários filósofos como uma característica essencial à Ciência. Tem sido perspectivado, ao longo dos tempos, de modos diversificados. Começa-se por referir uma primeira perspectiva que aponta o progresso científico como um processo cumulativo. Em oposição a esta perspectiva, encontram-se várias que apontam o progresso científico dependente de processos de mudança de natureza diferenciada: falsificacionista, de resolução de problemas, de revoluções científicas. Destas, algumas são interpretadas por analogia com as teorias evolucionistas.

*A concepção cumulativa do progresso científico* pressupõe o avanço da Ciência através de processos de redução de umas teorias a outras novas. Não pressupõe o abandono das teorias antigas. Estas poderão ser aperfeiçoadas, melhoradas, ampliando, assim, o seu campo de acção, ou integradas noutras de maior amplitude. Esta perspectiva é rejeitada por vários filósofos como, por exemplo, Popper, Kuhn, Lakatos e Feyerabend.

Popper interpreta o progresso científico estabelecendo a analogia com as teorias evolucionistas. Esta é uma perspectiva enfatizada por alguns filósofos que tomam a tese de Popper como objecto de análise (ex: Peluso, 1995). O progresso científico não consiste na acumulação de observações nem por saltos revolucionários resultante do confronto entre opostos. Consiste na substituição de teorias por outras mais recentes, com maior índice de informação (Popper, 2001). Segundo um esquema de natureza darwinista, haverá um género de competição entre as teorias sendo, ao longo da história da Ciência, seleccionadas as melhores. Este processo é identificado como sendo selectivo:

*“Não há, pois, indução: nunca argumentamos passando dos fatos para as teorias – a não ser com o objectivo de refutar ou “falsear” as teorias. Essa maneira de ver a Ciência pode ser descrita como seletiva, ou darwiniana. Em oposição, teorias do método que asseveram procedermos por indução, ou seja, que enfatizam a verificação (em vez do falseamento),*

são tipicamente lamarckianas; elas realçam a instrução, provinda do ambiente, em vez de realçar a *selecção*, feita pelo ambiente.” (Popper, 1986<sup>28</sup>, p. 94)

Popper (2006) perspectiva, ainda, a Ciência como progredindo de problema para problema e não de teoria para teoria através de sistemas dedutivos sucessivos. Esta perspectiva assenta na assunção de que a Ciência começa com problemas. A emergência de problemas é o factor que desafia o cientista a expandir o conhecimento.

Popper (2006) afirma a possibilidade de determinação da qualidade de uma teoria científica previamente à submissão a testes cruciais. Define, então, como critério de progresso o “*critério de satisfatoriedade potencial relativa*”. Este critério aponta como teoria preferível aquela que apresenta maior conteúdo empírico e, logicamente, maior poder explicativo e preditivo.

A selecção das teorias ocorre mediante uma metodologia *falsificacionista* em que as experiências cruciais desempenham um papel fundamental. Popper acentua o papel da *crítica* e do *erro*: é a análise crítica das teorias que permite aprender a partir dos erros e, deste modo, a possibilidade de avançar para teorias melhores. Concebe o progresso científico como uma aproximação da verdade. No entanto, nunca há a possibilidade de se estar absolutamente seguro de que a verdade tenha sido atingida. A escolha de uma teoria em detrimento de outra resulta do maior grau de *verosímilhança*, isto é, da maior aproximação à verdade. A resolução de um problema por meio de conjecturas e a possibilidade de virem a ser refutadas é o que permite a aproximação à verdade.

Peluso (1995) enfatiza os caracteres revolucionário e conservador patentes na perspectiva de progresso defendida por Popper. Revolucionário decorrente da superação de uma teoria por outra e conservador em virtude da nova teoria incluir em si os objectivos da teoria suplantada, ser capaz de explicar os problemas que já eram resolvidas pela anterior e solucionar outros.

Popper (2006) destaca alguns factores limitativos do progresso científico:

“Entre as ameaças reais ao progresso da Ciência não se inclui a probabilidade de que este chegue a um termo, mas sim a aspectos como a falta de imaginação (consequência, por vezes, da falta de verdadeiro interesse), uma fé indevida na formalização e na precisão (...), ou no autoritarismo, numa ou noutra das suas múltiplas formas.” (p. 294)

---

<sup>28</sup> Edição original: 1974

Kuhn (2006) também rejeita a visão continuista e cumulativa do progresso científico. Considera que nenhuma teoria é abandonada devido a meras discordâncias entre teorias e dados disponíveis. O avanço científico é o resultado de revoluções científicas, decorrentes de crises e rupturas que se reflectem em mudanças radicais na concepção do mundo. Perspectiva o progresso da ciência através da articulação de etapas sucessivas: pré-paradigma, ciência normal, crise, revolução e ciência normal. Giere (1989) considera que será mais adequado designar a etapa pré-paradigma por “ciência multiparadigmática”. Sustenta esta posição com o argumento de que, nesta fase, há a coexistência de escolas rivais. Estabelece, ainda, a comparação com a fase posterior de revoluções para concluir que apresentam características idênticas. Kuhn (2006) considera que, nesta primeira fase, ocorre a formação de um paradigma que dá origem a uma etapa de ciência normal. Passa-se de um contexto multiparadigmática para um contexto dominado por um único paradigma. Ocorre a adesão de uma comunidade científica ao paradigma, o que significa que os membros dessa comunidade estão comprometidos com as mesmas regras e os mesmos padrões de produção científica. O cientista não é crítico nem tenta refutar as teorias científicas vigentes, a tarefa principal consiste na articulação e organização, sob a forma de teoria, dos resultados que vão sendo obtidos. Tem como objectivo obter novas aplicações para o paradigma e aumentar a precisão e alcance das aplicações já feitas. Maria Jorge (2001) reflecte acerca da perspectiva Kuhniana tomando como enfoque de análise o conceito de “ciência normal”:

“a ciência «normal» exprime em Kuhn a visão de uma comunidade científica com um funcionamento essencialmente fechado, em relação às solicitações, às pressões vindas do exterior, da sociedade em geral. Essa seria aliás uma das explicações para o progresso necessário da «ciência normal»: ela concentra-se apenas nos seus problemas próprios, aqueles que «pode», à partida, resolver.” (p. 58)

Visualiza, nesta concepção, um “*relativo isolamento*” em relação a problemas sociais que considera susceptível de questionamentos sistemáticos. Argumenta com as interacções cada vez mais profundas que se criam entre a Ciência e a Sociedade.

A etapa de ciência normal inclui anomalias. Estas podem permanecer sem que o paradigma vigente se desmorone mas também podem provocar a entrada do paradigma em crise. Esta última situação acontece quando ocorre a multiplicação em número e diversidade de anomalias e quando aumenta a dificuldade em as solucionar. Surge um

período de crise propiciador da proliferação de teorias concorrentes. Aparecerá uma teoria capaz de organizar em torno de si um novo paradigma. Ocorre, então, uma fase de revolução científica em que se verifica a substituição de um paradigma por outro. O novo paradigma surge não como o resultado de um processo cumulativo decorrente do paradigma anterior mas como algo totalmente novo. A rejeição de um paradigma só acontece quando emerge um paradigma rival. As diferenças entre paradigmas podem ser ontológicas, epistemológicas e perceptuais (v. Echeverría, 2003, p. 127). O novo paradigma distingue-se do anterior pela maior amplitude e pela presença de incompatibilidades em alguns aspectos fulcrais com o paradigma anterior. Impõe novos métodos e introduz novos problemas e soluções. Neste sentido, o velho e o novo paradigma são *incomensuráveis*, divergem quanto à visão do mundo e aos critérios de cientificidade. A mudança de paradigma conduz não só à alteração da concepção do mundo mas também da própria concepção de Ciência, isto é, dos problemas, métodos e procedimentos que passam a ser considerados como aceitáveis e relevantes.

O processo de mudança científica defendido por Kuhn é analisado por Magalhães (1996) tendo por base a analogia estabelecida por John Green (1979) com a *Teoria da Selecção Natural de Darwin*. Assim, a fase pré-paradigmática é associada a uma fase de variabilidade indefinida, a fase de crise a um processo de desadaptação do organismo vivo ao seu meio, a fase de revolução a um processo de selecção. Neste cenário, o ambiente social, isto é, a comunidade científica em que a Ciência se desenvolve, determina as condições da sobrevivência das teorias, dos conceitos e métodos.

Giere (1989) também analisa a tese de Kuhn segundo uma perspectiva de natureza evolucionista, recorrendo a conceptualizações contemporâneas acerca do processo evolutivo nos seres vivos – a *Teoria dos Equilíbrios Pontuados*<sup>29</sup>:

“A mudança na ciência é por vezes rápida e dramática – em nada semelhante ao processo lento e gradual descrito por Darwin. Mas também neste ponto trabalhos recentes no domínio da teoria da evolução recebem uma resposta pronta. A evolução orgânica não é actualmente encarada como gradual mas como ocorrendo através de acontecimentos relativamente rápidos que «pontuam» longos períodos de relativo equilíbrio. A sugestão de que estes períodos estáveis são análogos aos períodos de ciência normal de Kuhn é simultaneamente óbvia e irresistível. Podem então ocorrer períodos de mudança rápidas sem «revoluções».” (Giere, 1989, p. 80)

Esta interpretação de progresso rápido e pontal atribuído à tese de Kuhn também é sublinhada por Magalhães (1996).

Segundo Lakatos (1998 e 1999), o progresso científico assenta na proliferação de programas de investigação rivais e na, conseqüente, substituição de programas de investigação *regressivos* por programas de investigação *progressivos*. O padrão de progresso científico não é do tipo revolucionário como é perspectivado por Kuhn. Um programa de investigação consta de três componentes:

(1) um *núcleo duro*, integra um conjunto de hipóteses ou teorias que exprimem o fundamental do programa e uma cintura protectora do núcleo duro constituída por hipóteses auxiliares que suportam as hipóteses ou teorias fundamentais;

(2) uma *heurística positiva* constituída por um conjunto de regras metodológicas orientadas para a consolidação do programa como um todo. Indicam as vias a prosseguir para o desenvolvimento da cintura de protecção de modo a antecipar e solucionar possíveis refutações. A heurística positiva não é defensiva dado que, embora indique como gerir as anomalias, não está, prioritariamente, direccionado para elas mas para o melhoramento das hipóteses auxiliares (Silva, 1998).

(3) uma *heurística negativa* constituída por vias de investigação a evitar de forma a impedir que o núcleo duro seja alvo de tentativas de falsificação.

Lakatos (1998) também assinala a importância da *crítica* no empreendimento científico. No entanto, não lhe atribui um papel negativo, destrutivo – o da refutação – como preconizado por Popper, mas acentua a sua função construtiva. Admite a possibilidade de mostrar a degeneração de um programa de investigação mas considera a crítica construtiva como um factor essencial ao avanço científico. Opõe-se ao falsificacionismo, defendendo a ausência imediata de refutação dado que a actividade científica direcciona-se previamente para a substituição dos aspectos problemáticos e para o desenvolvimento dos não problemáticos.

Laudan (1986) rejeita a perspectiva do progresso científico assente na gradual aproximação da verdade. Questiona esta perspectiva apontando-lhe algumas deficiências: (1) a ausência de explicitação do significado atribuído a “mais perto da verdade” e (2) a ausência da enumeração de critérios passíveis de determinar o processo

---

<sup>29</sup> A Teoria dos Equilíbrios pontuados é uma variante do Neo-darwinismo (Teoria Sintética da Evolução). É proposta nos anos 70, do século XX, por Niles Eldredge e Stephen Jay Gould. (v. Gonçalves-Maia, 2006)

de medição da proximidade à verdade. A noção de progresso científico é, então, independente da verdade ou falsidade. O progresso científico assenta na resolução de problemas, na transformação de problemas empíricos anómalos ou não resolvidos em problemas resolvidos (Laudan, 1986, p. 46). Os problemas *não resolvidos* são aqueles que não foram solucionados adequadamente por uma teoria, apontam vias para uma indagação teórica posterior. Os problemas *resolvidos* são aqueles que foram solucionados satisfatoriamente por uma teoria, apontam a concordância com a teoria. Os problemas *anómalos* são aqueles que não foram solucionados por uma dada teoria mas que foram resolvidos por uma ou mais teorias alternativas, constituem provas contra a teoria. O grau crescente de efectividade de uma teoria na resolução de problemas é o factor que conduz ao avanço da Ciência.

Laudan considera, ainda, que as teorias para além de solucionarem problemas também os originam. Assim, o progresso científico implica redução do número de problemas conceptuais:

“podríamos definir una medida evaluatoria para una teoría del modo siguiente: la efectividad global de una teoría en la resolución de problemas se determina evaluando el número y la importancia de los problemas empíricos que la teoría resuelve, y restando el número y la importancia de las anomalías y problemas conceptuales que la teoría genera.” (Laudan, 1986, p. 102)

Bachelard (2006a<sup>30</sup>; 2006b) aponta os obstáculos epistemológicos como factores impeditivos do avanço científico. Identifica como obstáculos epistemológicos: (1) a *experiência primeira*, a experiência imediata, radicada na vida quotidiana, operada independentemente da crítica; (2) o *conhecimento geral*, vago, superficial; (3) o *obstáculo verbal*, a polissemia de uma única imagem, de uma única palavra usada numa explicação; (4) o *conhecimento unitário* decorrente de “*uma visão geral de mundo, por simples referência a um princípio geral da natureza*” (p. 127); (5) o *conhecimento pragmático*, o carácter utilitário de um fenómeno como princípio de uma explicação; (6) a *concepção substancialista* e (7) a *concepção animista*, a atribuição de um princípio vital a todas as coisas.

Toulmin (1970<sup>31</sup>) considera a mudança científica como um processo mais genérico de “*evolução conceptual*”. Neste sentido distingue três aspectos da mudança

---

<sup>30</sup> Edição original: 1971

<sup>31</sup> Edição original: 1970

que estão dependentes da acção diferencial de factores externos e internos à Ciência: *volume de inovação, critérios de selecção e direcção de inovação*. Explicita-os do seguinte modo:

“o *volume de inovação* que se processa em qualquer ciência depende, presumivelmente, em grande parte, das oportunidades que se oferecem naquele contexto social para realizar um trabalho original na ciência em questão – daí que o coeficiente de inovação responde substancialmente a factores externos à ciência. Por outro lado, os *critérios de selecção* para apreciar as inovações conceptuais na ciência serão, em grande parte, assunto profissional e, portanto, interno: muitos cientistas, de fato, teriam a expectativa de que se trata de assuntos inteiramente internos, profissionais – muito embora isso talvez não passe, na prática, de um ideal irrealizável. Finalmente, a *direcção de inovação* em determinada ciência depende de uma complexa mistura de factores, internos e externos: as fontes de novas hipóteses são muito variadas e sujeitas a influências e analogias distantes dos problemas pormenorizados que estão à mão.” (p. 58, itálico nosso)

Feyerabend (1993) aponta o pluralismo metodológico como o factor responsável pelo progresso Científico. Corrobora esta ideia com o aparecimento, ao longo da história da Ciência, de teorias que, implícita ou explicitamente, transgrediram regras metodológicas geralmente consideradas imprescindíveis para a aceitação de uma teoria. A proliferação de teorias, a invenção de alternativas, isto é, a proposta de ideias diversificadas com recurso às mais diversas fontes de inspiração são fundamentais para a ocorrência de progresso científico. Aponta, ainda, a interacção entre os contextos de descoberta e de justificação como um outro factor de progresso.

Na perspectiva de Maturana (2001 in Massoni, 2005), o progresso da Ciência está associado à natureza expansível do domínio da experiência que dá origem ao conhecimento. Assim, é a possibilidade permanente de fazer novas perguntas que permite gerar explicações continuamente.

### ***Em síntese:***

As várias teses epistemológicas da Ciência trouxeram contributos diversificados para a compreensão do processo de construção do conhecimento científico. *Karl Popper* introduziu a perspectiva de conjecturas e refutações. Apresentou o critério falsificacionista, a noção de verosimilhança e acentuou o papel da atitude crítica. *Thomas Kuhn* criou as noções de paradigma, de incomensurabilidade, de ciência normal

e de revoluções científicas. *Imre Lakatos* apresentou a concepção de programas de investigação científica e perspectivou o progresso científico através da substituição de programas regressivos por progressivos. *Gaston Bachelard* assinalou o pluralismo epistemológico, sublinhou a importância do questionamento dos saberes, dos obstáculos epistemológicos e do papel da crítica mas num sentido construtivo. *Larry Laudan* introduziu a visão da Ciência como uma actividade de resolução de problemas empíricos e conceptuais. *Stephen Toulmin* acentuou o progresso científico numa perspectiva evolucionista. *Humberto Maturana* enfatizou o papel da emoção, do prazer na descoberta científica e salientou a linguagem como um constructo relacional no seio da qual emergem os objectos. *Paul Feyerabend* defendeu a pluralidade metodológica rejeitando a ideia de que “*tudo vale*”.

Da análise das várias perspectivas epistemológicas, ressaltam alguns aspectos que são apontados como essenciais na produção do conhecimento científico:

- a) A capacidade de formulação de problemas; a génese do conhecimento científico assente em problemas e não na observação;
- b) A atitude crítica não no sentido da refutação mas numa perspectiva construtiva;
- c) O questionamento dos saberes, a exploração do erro;
- d) A formulação dos problemas, a estruturação dos planos de investigação e a atribuição de sentido aos dados recolhidos no seio de uma configuração teórica;
- e) A interacção dialéctica da observação e a da experimentação com a teoria;
- f) A interacção entre teoria, metodologias e objectivos;
- g) A aceitação da incerteza;
- h) O diálogo entre os pares através do trabalho em equipa, da interacção entre comunidades de investigação;
- i) A aceitação do outro;
- j) A construção de uma linguagem decorrente de interacções recorrentes do ser humano com os outros, no seio da qual emergem os objectos;
- k) A conjugação dos contextos de descoberta e de justificação;
- l) A emoção, a curiosidade e o prazer pela descoberta;

## 2.2. Operacionalização da natureza da Ciência no ensino das Ciências

As imagens dos alunos sobre a natureza da Ciência, assentes predominantemente em perspectivas que não são consistentes com as perspectivas de orientação pós-positivista, defendidas na actualidade, são apontadas como razão suficientemente importante para considerar de imediato a inclusão da natureza da Ciência no ensino das Ciências (McComas, Clough & Almazroa, 1998). No entanto, argumentos de outra natureza têm sido invocados: o “utilitário”; o “democrático”; o “cultural” e o “moral” (Driver *et al.*, 1997).

O argumento “utilitário” defende a importância da compreensão da natureza da Ciência como um factor necessário na atribuição de significado a situações do dia-a-dia do foro científico, na tomada de decisões e nas escolhas efectuadas. Neste contexto, assume relevância a confiança depositada no conhecimento científico: “*Making practical use of scientific knowledge therefore involves an understanding of the grounds for confidence in the knowledge involved and in the sources of that knowledge*” (op cit., p. 16).

O argumento “democrático” incide na relevância da compreensão de problemáticas de cariz sociocientífico, na intervenção activa do cidadão em debates e na tomada de decisões. Embora seja reconhecida a importância do conhecimento substantivo na compreensão destas problemáticas, é enfatizado o papel da natureza da Ciência:

“Often there is consensus about the basic science relating to the issue, but there is dispute about how the laboratory findings relate to the complex and messy real-world situation. Disagreement is not about fundamental theoretical models but about how (or indeed if) they apply. This may be tied up with uncertainties about the reliability of some of the data available, or about the relevance of such data in a new context, or about models of the complex interactions involved. In a few cases, the dispute may extend as far as questioning the basic scientific understandings involved; if so, an understanding that scientific explanation is based on models which are tentative and conjectural becomes important.” (op cit., p. 18)

O argumento “cultural” valoriza o contributo da natureza da Ciência na visualização da Ciência como uma componente relevante da cultura do cidadão.

O argumento “moral” enfatiza o direito na aquisição de conhecimentos acerca da natureza da Ciência e o seu contributo na compreensão do empreendimento científico como uma actividade norteada por valores.

Um último argumento (“science learning argument”) aponta a compreensão da natureza da Ciência como um factor que contribui para a aprendizagem do conhecimento substantivo e para o desenvolvimento do interesse por este domínio do saber.

A validade do argumento democrático na inclusão da natureza da Ciência no ensino das Ciências tem sido objecto de reflexão por vários investigadores. A tomada de decisão acerca de problemáticas de cariz sociocientífico é visto como um processo que envolve a mobilização de factores de natureza diversificada, entre os quais se incluem os conhecimentos acerca da temática científica e da natureza da Ciência, mas não serão estes aqueles que exercerão a maior influência (Acevedo *et al.*, 2004 e 2005). No entanto, Gil Pérez & Vilches (2005) consideram que os dados relatados nos estudos anteriores não põem em causa a importância da natureza da Ciência no ensino das Ciências nem na tomada de decisões acerca de problemáticas sociocientíficas. Alertam para a necessidade das práticas educativas promoverem o envolvimento efectivo dos alunos numa cultura científica. Este envolvimento estará para além da aquisição de “pontos de vista acerca da natureza da Ciência”, antes exigindo um trabalho colectivo de natureza reflexiva e investigativa centrado na resolução de situações problemáticas.

Apesar das conclusões expressas por Acevedo *et al.* (2004 e 2005), num texto de data posterior (2007), estes investigadores vêm a defender a necessidade de integrar explicitamente a natureza da Ciência no ensino das Ciências e a importância na continuidade da reflexão acerca desta temática.

A operacionalização da natureza da Ciência no ensino das Ciências tem sido objecto do interesse de vários investigadores. Os trabalhos desenvolvidos apontam estratégias de abordagem diversificadas: (1) a análise de episódios da História da Ciência; (2) a observação de ambientes de inquérito científico autêntico; (3) o contacto com contextos reais de investigação; (4) a pesquisa de informação acerca de descobertas científicas e de cientistas, através de suportes diversificados (*WebQuest*, etc.); (5) a análise de notícias de jornais e televisão; (6) a observação de imagens e amostras geológicas; (7) análise de histórias de ficção científica construídas pelos próprios alunos e (8) a exploração do trabalho laboratorial. Far-se-á em seguida a descrição de alguns exemplos.

Têm sido apontadas várias potencialidades à História da Ciência que justificam a sua integração no ensino das Ciências. O contributo na compreensão da natureza da Ciência é reconhecido por vários investigadores (Matthews, 1994; Izquierdo, 1996; Campanario, 1998; Duarte, 2003; Martins, 2006). Nesta perspectiva, enquadra-se a concepção de algumas estratégias e de alguns materiais didácticos baseados na exploração de episódios da História da Ciência. A natureza dos textos incluídos nos materiais didácticos podem ser de dois tipos: (1) textos originais da História da Ciência e (2) textos construídos pelos autores a partir da História da Ciência. Os textos construídos podem assumir estruturas diversificadas: desde um relato até uma dramatização. Dawkins & Glatthorn (1998) apresentam um exemplo de um texto relativo a uma dramatização focalizada na abordagem do tópico “Teoria Celular”.

As *vinhetas históricas interactivas* (IHV<sup>32</sup>) são um exemplo de uma estratégia didáctica em que são explorados por cada vinheta um único aspecto da natureza da Ciência (Wandersse, 1998). Esta estratégia distingue-se de outras por incluir:

“(1) escolher um cientista que tenha interesse para o autor das vinhetas e para a audiência; (2) ter perspectivas históricas múltiplas do cientista escolhido; (3) seleccionar um acontecimento importante da vida desse cientista, que tenha potencialidades para ensinar um aspecto da natureza da Ciência (ou de uma determinada ciência); (4) escrever a IHV num formato padrão em estilo docudrama [filme ou programa de televisão baseado em acontecimentos verídicos]; (5) permitir que os alunos façam um investimento pessoal intelectual na vinheta, ao preverem o fim da história; (6) contar o resto da história e discutir como é que os aspectos NOS [natureza da ciência] que emergem da discussão guiada acerca da IHV se relacionam com a ciência contemporânea.” (op. cit., p. 255)

A utilização de documentos/obras originais e do “discurso directo” dos cientistas perante os seus pares ou perante a comunicação social caracteriza alguns materiais didácticos concebidos com o propósito de promover a construção de imagens da natureza da Ciência através da exploração do tema “Origem da Vida”, na disciplina de Ciências da Terra e da Vida do 10º ano de escolaridade (Coelho & Praia, 1999; Praia & Coelho, 1999). A abordagem efectuada incluiu: (1) um debate inicial acerca do confronto entre os apoiantes das hipóteses da abiogénese e da biogénese complementado com a análise da correspondência trocada entre Louis Pasteur, Félix

---

<sup>32</sup> Iniciais de *Interactive Historical Vignettes*.

Pouchet e entre este e John Joly; (2) a análise da possível influência do poder argumentativo de Louis Pasteur na aceitação pela Academia das Ciências de Paris da hipótese por ele defendida; (3) a análise das características da composição da Academia das Ciências de Paris e do contexto sócio-político em que ela está inserida; (4) a análise do papel das experiências de Francesco Redi, de Lazzaro Spallanzani e de Louis Pasteur; (5) um debate centrado no confronto entre os defensores dos modelos endógenos e exógenos e das respectivas hipóteses heterotrófica, autotrófica e cosmozótica e (6) a análise das convicções de Stanley Miller e de Fox. Os materiais didáticos construídos estão orientados para a análise: (a) do erro como um factor intrínseco à própria Ciência; (b) dos períodos de controvérsias relativos a duas ou mais hipóteses explicativas de um determinado fenómeno, (c) do comportamento de uma comunidade científica perante uma descoberta; (d) de “experiências cruciais” na refutação de hipóteses; (e) de fases de ruptura com o conhecimento anterior e (f) das relações entre o progresso da Ciência, da Tecnologia e da Sociedade. Neste sentido, são exploradas várias perspectivas epistemológicas. As experiências de Redi, Spallanzani e Pasteur são analisadas como “experiências cruciais” de sentido epistemológico popperiano, decisivas na refutação da hipótese da geração espontânea. A competição entre programas regressivos e progressivos numa perspectiva lakatosiana está evidenciada através da análise das hipóteses autotrófica e heterotrófica:

“a hipótese heterotrófica admite que os primeiros seres vivos seriam heterotróficos e dependentes da composição química do meio – *núcleo duro*; a *heurística negativa* admitia, como exclusivo da própria Terra, um processo evolutivo físico-químico no sentido do não-biótico para o biótico de complexificação crescente; a *heurística positiva* reportava-se à composição da atmosfera primitiva da Terra e à constituição e composição do substrato ideal para promover as reacções de polimerização. Esta hipótese assume-se como um programa progressivo, com maior ‘potência heurística’ tentando explicações para as anomalias (dificuldades empíricas) e se possível assimilá-las.” (Praia & Coelho, p. 208, 1999)

Os materiais didáticos apontam ainda para um novo confronto entre os modelos exógenos e endógenos:

“as diferentes comunidades buscam novos elementos/dados, ajudam a reabilitar o seu modelo teórico ou, simplesmente, procuram um novo caminho, o da conciliação: o aparecimento da vida não foi exclusivo da Terra, mas este planeta poderia viabilizar em

diferentes locais e em épocas remotas ‘momentos de magia’ – da evolução química à biológica.” (Coelho & Praia, p. 126, 1999)

A exploração da História da Ciência também está na génese de outros materiais didácticos concebidos com o objectivo de explorar as ideias científicas acerca do tema “Idade da Terra” enquadradas no seu contexto de produção (Álvarez Suárez, 1996; Praia & Silva, 2002). Os materiais didácticos contemplam a análise das: (1) ideias acerca da idade da Terra anteriormente ao séc. XIX (por exemplo, as de Aristóteles, do arcebispo James Ussher e de James Hutton); (2) ideias de Charles Lyell, George Cuvier, Charles Darwin e William Thomson (Lord Kelvin) acerca da idade da Terra; (3) reacções aos trabalhos de Lord Kelvin e (4) repercursões do conhecimento acerca da radioactividade e do surgimento de novos métodos de datação. A exploração destes materiais está orientada para a: (a) análise da natureza multi e interdisciplinar do empreendimento científico; (b) análise das dificuldades, das crises, dos erros, das controvérsias, dos avanços e recuos do processo de construção do conhecimento científico; (c) análise do papel da comunidade científica na validação do conhecimento científico; (d) formulação de problemas; (e) exploração simultânea do conceito “Tempo geológico”. Estão ainda orientados para a promoção da criatividade e da imaginação. A avaliação da implementação dos materiais didácticos produzidos por Praia & Silva (2002) permitiu concluir que *“revelaram-se potenciadores de abordagens em que prevaleceu o pensar sobre ciência, bem como na Ciência, embora ressaltando a importância do primeiro aspecto”* (p. 438).

Os temas “Tempo Geológico”, “Deriva Continental e Tectónica de Placas” e “Catastrofismo/Uniformitarismo/Novo Catastrofismo” estão na origem da concepção de materiais didácticos orientados para uma abordagem numa perspectiva epistemológica de natureza Kuhniana (Monteiro, 2007). A exploração da evolução das ideias acerca destes temas é efectuada através da análise das fases de especulação, de competição entre teorias rivais, de revolução científica e de Ciência normal. Os quadros ilustrativos destas várias fases evidenciam que o progresso das ideias acerca do tema “Deriva Continental e Tectónica de Placas” se situa actualmente numa fase de especulação e acerca do tema “Catastrofismo/Uniformitarismo/Novo Catastrofismo” se situa numa fase de revolução científica. A investigadora acentua a natureza reflexiva exigida por estratégias desta natureza, assentes na discussão de controvérsias científicas. Conclui

sublinhando o contributo deste tipo de abordagem na construção de imagens de Ciências consentâneas com as perspectivas defendidas na actualidade.

Fontes & Silva (2004) conceberam alguns materiais didácticos constituídos por textos construídos a partir da História da Ciência. Um dos exemplos focaliza-se na construção do conhecimento acerca do sistema excretor (9º ano de escolaridade). A exploração do conhecimento desenvolvido, num primeiro período, por Aristóteles e Galeno (322 a.C. a séc. II) e, num período posterior (séc. XIV a séc. XIX), por Antoni van Leeuwenhoek, Marcello Malpighi, Bowman e Henle constitui o suporte para a exploração da influência de vários factores na construção do conhecimento científico - a tecnologia, os conhecimentos do próprio domínio científico e de outros domínios - e da natureza colectiva e social do empreendimento científico. Outros exemplos, no âmbito do tema “Sistema Imunitário” do 12º ano de escolaridade, contemplam a exploração do carácter dinâmico da Ciência através da análise dos problemas resolvidos e do aparecimento de outros que conduzem a novas investigações. Os autores propõem uma estratégia de exploração centrada na leitura individual, no trabalho de grupo e na discussão no grupo turma.

Nascimento (2004) apresenta uma experiência pedagógica concebida por uma equipa de professores e investigadores com o objectivo de promover a (re)construção das imagens de alunos acerca da natureza da Ciência. A experiência desenrolou-se no tópico “Termodinâmica”. Desenvolveram uma estratégia de natureza investigativa em que privilegiaram o trabalho cooperativo, a problematização, o confronto de opiniões e a argumentação. As actividades concebidas contemplaram a exploração da História da Ciência, do trabalho laboratorial e a resolução de problemas “abertos” (v. Azevedo, 2004). A exploração da História da Ciência focalizou-se na análise reflexiva e crítica de textos originais. A implementação do trabalho laboratorial esteve centrada em actividades de natureza investigativa que implicam a tomada de decisão do aluno acerca das várias fases implicadas, desde a definição do problema a explorar até à elaboração das conclusões e da reflexão acerca do próprio processo desenvolvido. A resolução de problemas abertos consistiu na exploração de situações problemáticas que exigiam a definição de estratégias de resolução e o confronto de opiniões. A análise da experiência apresentada focaliza-se na exploração dos textos originais da História da Ciência. Estes caracterizavam-se pela abordagem da produção do conhecimento científico no seio do contexto sociocultural da época. Concluíram que a exploração de textos originais contribuiu para a construção de uma imagem da natureza da Ciência que contempla: (1)

os factores pessoais e sociais que influenciaram as opções do cientista; (2) os problemas que estiveram na origem da investigação; (3) as dificuldades encontradas pelo cientista durante o processo de investigação e (4) o carácter provisório do conhecimento científico.

Há ainda outras propostas que assinalam a exploração de outro tipo de documentação de natureza histórica. Na abordagem apresentada por Marco Stiefel (1996), tomando como exemplo o conhecimento construído por Niels Bohr acerca do modelo atómico, salientam-se as propostas de análise do discurso da atribuição do Prémio Nobel em 1922, da correspondência trocada com outros investigadores e dos testemunhos de alguns dos seus colaboradores.

A implementação de actividades centradas em ambientes de inquérito científico autêntico é um outro tipo de abordagem orientado para a aprendizagem da natureza da Ciência. É entendido como autêntico o inquérito científico desenvolvido no contexto das comunidades científicas com o intuito de compreender a realidade em estudo. Implica um processo de negociação que envolve várias competências:

“Negotiation involves argumentation; communication of findings; the sharing of ideas; identification of where the findings fit within the scientific community; the provision of exemplary support; and eventually earned acceptance among peers the the knowledge is valid within the norms of the scientific enterprise. Such open ‘negotiation of meaning’ is lead by scientists and directed by the evidence ans construction of explanations. Final acceptance of knowledge claims is gained through true negotiation.” (Schwartz & Crawford, 2004, p. 337)

As experiências analisadas por Schwartz & Crawford (2004) caracterizam-se pelo envolvimento de alunos em ambientes de inquérito científico autênticos através da participação em actividades/projectos de investigação sob a orientação de cientistas. Estes investigadores reconhecem as potencialidades deste tipo de estratégia mas apontam a necessidade de serem contemplados alguns aspectos que conduzirão à consecução efectiva do objectivo pretendido. As sugestões apontadas são as seguintes:

- a) Explorar a natureza da Ciência como um conteúdo a par dos restantes conteúdos de um programa curricular. A natureza da Ciência terá o mesmo estatuto que os outros conteúdos pelo que também constituirá um enfoque

primordial da aprendizagem. Esta perspectiva implica uma abordagem intencional e explícita.

- b) Promover a reflexividade do aluno com o objectivo de contribuir para a compreensão da natureza do processo em que está envolvido. Propõem a elaboração de diários como uma via possível de concretização desta tarefa.
- c) Conceber o inquérito científico como um contexto para a aprendizagem da natureza da Ciência e não como um produto final.

A abordagem da natureza da Ciência de um modo explícito e reflexivo é também defendida por outros investigadores (Lederman & Abd-El-Khalick, 1998; Lederman, 2004; Vázquez Alonso, 2007). Lederman (2004) salienta a necessidade de envolver os alunos em actividades de discussão, por exemplo, sobre: (1) os pressupostos que subjazem a uma determinada investigação científica e as possíveis implicações nos resultados e (2) as implicações no conhecimento produzido decorrente da natureza humana da actividade científica.

Outras experiências pedagógicas, idênticas às anteriormente mencionadas, que implicam o contacto efectivo com contextos reais de investigação científica têm sido estruturadas e implementadas com o objectivo de promover a (re)construção das imagens dos alunos acerca da Ciência e Tecnologia. Neste âmbito, enquadra-se, por exemplo, o programa “Investigation into Science and Technology” (IST) implementado com alunos de 14 anos (Scherz & Oren, 2006). Este programa preconiza para o aluno o papel de um jornalista envolvido numa investigação acerca de uma temática do domínio científico. Pressupõe a execução autónoma de várias tarefas que conduzem ao desenvolvimento de competências várias. É da responsabilidade do aluno a escolha da temática em estudo, a construção de um plano de trabalho, a preparação da visita a um local de investigação através da procura, selecção e organização de informação relevante, a formulação de questões acerca da temática e da actividade do investigador, a observação do local de investigação e da actividade desenvolvida pelo investigador, a realização da entrevista e a organização de uma apresentação oral, de um poster e de um resumo. O papel do professor consiste no apoio e orientação do aluno na concretização das várias fases do programa de investigação. O programa é constituído por três fases: (a) a primeira - *preparação da visita* - consiste na definição da temática a estudar (ex: Controlo das pragas das plantas), na pesquisa bibliográfica, na procura de uma instituição e de um investigador envolvido no estudo do tema em causa, na realização

de uma primeira reunião com o investigador seleccionado para delimitar a temática em estudo (ex: Qual é a influência dos vários tipos de pesticidas no tratamento das doenças das plantas? e Qual é impacto do uso dos pesticidas no meio ambiente?), na planificação das tarefas a realizar durante a visita; (b) a segunda fase - *visita a um local de investigação científica* - contempla a observação do local de investigação, a observação da execução de uma actividade experimental e a realização de uma entrevista ao investigador; (c) a última fase - *tratamento e comunicação da informação* - consiste na análise da informação recolhida na fase anterior, na elaboração de um resumo e na apresentação à turma do trabalho desenvolvido.

A avaliação do impacto deste programa na (re)construção das imagens dos alunos acerca da Ciência e da Tecnologia aponta efeitos positivos. Estes verificam-se em várias vertentes: (1) natureza das respostas; (2) imagem do cientista; (3) atitudes face à Ciência. As respostas dadas após a implementação do programa IST são mais detalhadas, mais claras e mais realistas. Salienta-se a alteração da atitude dos alunos face à Ciência e das imagens iniciais acerca do cientista. Os alunos desenvolveram uma visão positiva acerca da Ciência e dos profissionais envolvidos neste campo do saber. A Ciência é encarada como uma actividade assente em valores. As visões predominantemente estereotipadas do cientista como um indivíduo do sexo masculino, de meia idade ou idoso foram alteradas. Após a implementação do programa IST, o cientista é visto como um indivíduo do sexo masculino ou feminino e de nível etário variável. Outras imagens construídas mostram-no como um indivíduo com convicções e ideologias, nomeadamente de carácter religioso, e integrado num meio familiar. O impacto do programa IST é atribuído a quatro características principais: (1) o contacto com um contexto real de investigação; (2) a integração no currículo; (3) a adequação aos interesses dos alunos e (4) a vivência única experienciada pelos alunos.

As actividades focalizadas na pesquisa de informação acerca de uma determinada descoberta científica, dos cientistas nela envolvidos e dos contextos social, cultural e político da época em que decorre são um outro modo de abordar a natureza da Ciência. Enquadram-se neste âmbito a proposta apresentada por Galvão *et al.* (2006) e a experiência pedagógica desenvolvida por Silva & Leite (2003).

A actividade “Vidas e Ideias de Cientistas” apresentada por Galvão *et al.* (2006) contempla simultaneamente o desenvolvimento de competências não só do conhecimento epistemológico mas também do conhecimento substantivo, do raciocínio,

das atitudes e da comunicação. Engloba duas fases complementares: (1) pesquisa de informação em suportes diversificados e (2) *role play*. A primeira fase consiste na pesquisa das contribuições dadas por Ptolomeu, Nicolau Copérnico, Galileu Galilei, Kepler e Newton para o conhecimento acerca da organização do sistema solar e dos contextos social, cultural e político da época. É executada em grupo e cada um focaliza a investigação num único cientista. A segunda fase consiste na representação por um elemento de cada grupo do papel de cada cientista na simulação de um debate entre eles. A função dos restantes alunos consiste no registo dos principais argumentos e na elaboração de uma síntese final.

A experiência pedagógica implementada por Silva & Leite (2003) centra-se na utilização das *WebQuest* com o objectivo de promover a (re)construção das imagens acerca dos cientistas. Optam pela utilização de *WebQuest* em virtude de serem actividades de investigação em que a pesquisa de informação é orientada e facilitada pelo facto de estarem apoiadas pela *internet*. A *WebQuest* utilizada no estudo referido foi estruturada tendo como pressuposto uma abordagem centrada numa perspectiva construtivista. Está organizada em seis partes: (1) introdução; (2) tarefa; (3) processo; (4) recursos; (5) avaliação e (6) conclusão. A primeira parte - Introdução - está orientada para a promoção da motivação dos alunos para o estudo do tema em causa. Inclui questões com o intuito de despoletar o conhecimento prévio dos alunos. A segunda parte - Tarefa - inclui a especificação das tarefas a realizar (selecção do cientista a estudar; pesquisa de uma das descobertas/invenções efectuada por esse cientista; pesquisa do impacto cultural e económico dessa descoberta/invenção na sociedade). A terceira parte - Processo - contempla a indicação dos passos a seguir na tarefa e o formato de apresentação do resultado da tarefa (ex: representação teatral). A quarta parte - Recursos - inclui a sugestão de recursos disponíveis para consulta (alguns *sites* específicos e bibliografia disponível na biblioteca da escola). A quinta parte - Avaliação - contempla quatro dimensões: a exploração dos *sites*; o trabalho individual; o trabalho em grupo e o produto final. A sexta parte - Conclusão - consta do resumo dos aspectos considerados mais relevantes para a compreensão do papel e do modo como os cientistas trabalham na actualidade. A avaliação da implementação desta *WebQuest* com alunos do 9º ano de escolaridade mostra que contribuiu para a modificação das imagens estereotipadas acerca dos cientistas. No entanto, o facto das ideias dos alunos parecerem estar fortemente dependentes do cientista pesquisado levou os investigadores a apontar alterações na tarefa:

“em vez de a tarefa sugerir aos alunos a selecção de apenas um único cientista, talvez fosse mais vantajoso apresentar grupos de cientistas, com características o mais heterogéneas possível, e orientar cada grupo para a selecção e o trabalho com um desses grupos. A pesquisa de vários cientistas, com características diferentes, poderá ajudar a promover as imagens acerca do cientista, em geral, levando os alunos a desligarem-se das características de cientistas individuais.” (Silva & Leite, 2003, p. 296)

A análise e crítica de notícias de jornais e de televisão e a realização de discussões acerca de temas de cariz sociocientífico são propostas que contemplam o desenvolvimento de várias competências nas quais está incluído o desenvolvimento do conhecimento epistemológico (Fontes & Silva, 2004; Galvão *et al.*, 2006; Reis & Galvão, 2006). Permitem contemplar a discussão da natureza, das potencialidades e das limitações do empreendimento científico e das suas interacções com a tecnologia e a sociedade. Reis & Galvão (2006) acentuam o papel deste tipo de actividades no desenvolvimento de competências que permitem aos alunos “*assumirem-se como espectadores críticos perante as propostas mediáticas a que são expostos*” (p. 231). O teor e a complexidade dos temas das notícias determinará o nível de ensino em que serão exploradas. Galvão *et al.* (2006) propõem uma actividade centrada na discussão acerca da alteração genética de organismos, passível de implementação na disciplina de Biologia e Geologia do 11º ano de escolaridade. A actividade “Genética do passado ao futuro”, concebida por Fontes & Silva (2004), é um outro exemplo da utilização de notícias de jornais na abordagem das várias vertentes do ensino das Ciências. É uma actividade direccionada para o 12º ano de escolaridade que contempla, por exemplo, a relação entre o poder político e a investigação científica/tecnológica.

Lederman & Abd-El-Khalick (1998) propõem um conjunto de actividades orientadas para a compreensão de vários atributos do conhecimento científico. Algumas actividades envolvem pré-requisitos científicos mínimos com o intuito de minimizar possíveis constrangimentos de implementação. Deste modo, liberta os alunos da exploração de conceitos científicos complexos, permitindo-lhes um maior envolvimento na exploração da natureza da Ciência. No entanto, admitem que as actividades propostas tanto podem integrar uma unidade temática focalizada na natureza da Ciência como podem estar distribuídas pelas várias temáticas científicas de um programa curricular. São também passíveis de exploração em diferentes níveis de escolaridade,

possibilitando nos níveis mais avançados a exploração de factores mais complexos. As actividades propostas incluem a análise de imagens diversificadas, de amostras geológicas e de um texto.

A análise de imagens (ex: “marcas de pegadas”), da visualização parcial de imagens e de amostras geológicas (ex: “fragmentos de fósseis”) está orientada para a compreensão das diferenças entre observação e inferência, do papel da criatividade e da imaginação na construção do conhecimento científico e da mobilização dos conhecimentos do cientista na atribuição de significado aos dados. É estabelecida a analogia entre a visualização parcial de uma imagem e do fragmento de um fóssil com o acesso limitado do cientista ao mundo natural. A análise das imagens implica um processo de discussão. Os autores apontam algumas recomendações: (1) promover a interpretação individualizada das imagens; (2) valorizar as opiniões dos alunos independentemente de ser a resposta “correcta”; (3) salientar as ideias que vão sendo construídas ao longo do confronto de opiniões e (4) efectuar uma síntese das conclusões. Salientam ainda a importância em explicitar e/ou questionar os alunos acerca dos objectivos que subjazem à realização da actividade. A actividade das “marcas de pegadas” consiste na interpretação inicial de uma imagem constituída por dois rastros de pegadas que se cruzam, se aglomeram e, a partir daqui, sai um novo rasto de apenas um dos tipos de pegadas. Em relação a esta actividade, os autores, embora sublinhem a importância em tratar seriamente todas as respostas dos alunos, mesmo as de sentido humorístico, alertam para a necessidade de ficar explícito que as inferências devem ser consistentes com as evidências. A actividade centrada na visualização parcial de uma imagem consiste na reconstituição de uma imagem constituída por figuras sobrepostas de cor e formas diferentes que é visualizada através de um cartão perfurado. Em relação a esta tarefa, os autores apontam a importância da discussão das semelhanças entre a actividade desempenhada pelos alunos e a actividade desenvolvida pelos cientistas. Pressupõem, a partir desta actividade, uma discussão acerca da observação de um objecto estar dependente da quantidade, da qualidade e da viabilidade de recolha dos dados. A actividade dos fósseis contempla duas fases: (1) elaboração de um esquema do fragmento do fóssil fornecido e da reconstituição da parte em falta de modo a obter o organismo completo; (2) descrição do habitat, da dieta alimentar, do comportamento do organismo, etc. e (3) justificação das ideias manifestadas. Esta actividade está orientada para a análise da influência dos conhecimentos do cientista na interpretação de dados.

A análise de um texto (ex: “instruções”) e de outras imagens está orientada para a compreensão de factores que intervêm no processo de observação como, por exemplo, a perspectiva de observação, o tipo de conhecimento, o treino de observação e as expectativas do cientista. A actividade focalizada no texto “instruções” consiste na atribuição de significado a um texto que relata um conjunto de instruções de carácter geral antes e após a indicação do contexto a que se refere. O texto, embora de fácil compreensão, carecia de significado devido ao desconhecimento do contexto contemplado (lavandaria). Os autores preconizam a promoção da compreensão da importância do contexto no que se observa e na interpretação do que se observa. As imagens propostas para análise são as seguintes: (1) “É um pato ou um coelho?” (Atkinson, 1975 in Lederman & Abd-El-Khalick, 1998, p. 103); (2) “Mulher jovem ou Mulher idosa?” (McNeil & Rubin, 1975 in Lederman & Abd-El-Khalick, 1998, pp. 104-106); (3) “O envelhecimento do Presidente?” (Atkinson, 1975 in Lederman & Abd-El-Khalick, 1998, p. 107). A análise das várias situações engloba as seguintes fases: (a) indicação por cada aluno da imagem que consegue visualizar; (b) confronto das respostas dos alunos; (c) formulação e discussão de possíveis explicações para as diferentes observações a partir da mesma imagem e (d) análise das capacidades dos cientistas que lhes permitem observar.

A exploração do conhecimento prévio dos alunos acerca da natureza da Ciência é um outro tipo de estratégia assinalado por alguns investigadores (Caamaño, 1996). Este tipo de abordagem é suportado pelos resultados de investigações em educação em Ciências que mostram que as ideias predominantemente perfilhadas pelos alunos não são consistentes com as perspectivas defendidas na actualidade. A discussão dos enredos de histórias de ficção científica redigidas pelos alunos é uma proposta dirigida à reflexão acerca dos aspectos sociais da Ciência relativos a temas que são considerados pelos alunos como actuais, interessantes e relevantes (Reis & Galvão, 2006). Esta actividade deverá ser complementada com outras que permitam aos alunos analisar diversas metodologias científicas e o contexto da actividade de vários cientistas.

As várias correntes epistemológicas emergidas ao longo do século XX tiveram repercursões na conceptualização do processo de ensino–aprendizagem. De igual modo, determinaram o papel a atribuir ao trabalho laboratorial no ensino das Ciências. Num cenário educativo coerente com um quadro epistemológico de orientação pós-

positivista, deixou de ter cabimento actividades laboratoriais de natureza mecânica confirmatória e executadas na dependência de um protocolo faseado e do tipo receituário (Praia, 1999). Assim, as actividades laboratoriais deverão: (1) estar focalizadas na procura da resposta a uma questão que conduzirá à identificação de um conjunto de conceitos relevantes; (2) evidenciar o papel da observação e da teoria; (3) dar relevo à História da Ciência; (4) promover a reflexão acerca dos acontecimentos que poderão ocorrer e (5) constituir um meio para a promoção da criatividade através de actividades do tipo “investigação”, entendidas no âmbito da resolução de problemas, em que os alunos não possuem a resposta nem a adquirem a partir de uma abordagem metodológica única.

A implementação de actividades laboratoriais de natureza investigativa no ensino das Ciências é consensualmente aceite pelos investigadores em educação em Ciências (Fúrio *et al.*, 2005). Uma actividade laboratorial que “*pretenda aproximarse a una investigación ha de dejar de ser un trabajo exclusivamente experimental e integrar muchos otros aspectos de la actividade científica igualmente esenciales*” (Gil Pérez & Valdés Castro, 1996, p. 156). Fúrio *et al.* (2005) consideram que a explicitação meramente teórica do significado atribuído a “actividade investigativa” não é suficiente para proceder à reorientação das práticas laboratoriais neste sentido. É necessário clarificar os passos que devem ser contemplados na execução das actividades e ilustrados com exemplos práticos. Assim, Gil Pérez & Valdés Castro (1996) e Fúrio *et al.* (2005) apresentam um conjunto de sugestões a implementar na exploração do trabalho laboratorial. Alertam para o facto destas sugestões não constituírem um conjunto de fases de um processo algorítmico a seguir linearmente. São estas sugestões que se apresentam em seguida:

- a) *Apresentar situações problemáticas abertas.* O enfoque temático deverá ser suficientemente amplo que possibilite a reflexão e a tomada de decisão com o objectivo de as transformar em problemas precisos. Poder-se-á discutir a importância em começar por analisar as questões mais elementares, aproximando-se de uma característica essencial da actividade científica: “*la necesidad de cuestionar lo que parece obvio, evidente, ‘de sentido común’.*” (Gil Pérez & Valdés Castro, 1996, p. 158 ). A origem do conhecimento científico em problemas estará evidenciado.

- b) *Promover a reflexão dos alunos acerca da relevância das situações problemáticas propostas.* Esta fase permitirá atribuir sentido ao estudo, desenvolver no aluno uma atitude positiva perante o estudo e evitar imagens descontextualizadas e socialmente neutras. Assenta, fundamentalmente, no desenvolvimento da argumentação.
- c) *Promover a análise qualitativa das situações problemáticas.* Consistirá na formulação de questões acerca do que se pretende investigar e na reflexão acerca dos conhecimentos mobilizados na interpretação da situação problemática.
- d) *Promover a formulação de hipóteses.* Nesta fase, é recomendado que as hipóteses sejam objecto de fundamentação e que sejam definidos os conhecimentos considerados como pré-requisitos para a implementação do estudo. A formulação de hipóteses permitirá a orientação do estudo dos problemas e a explicitação do conhecimento prévio dos alunos.
- e) *Promover a construção do desenho experimental.* Nesta fase, poder-se-á dar atenção à integração das tecnologias de modo a questionar a perspectiva corrente da tecnologia como “ciência aplicada” e, assim, promover a construção de imagens da relação “Ciência-Tecnologia” consentâneas com as perspectivas actuais. É uma fase que contempla o desenvolvimento da criatividade.
- f) *Promover a análise dos resultados.* Esta, estará estruturada em função dos quadros teóricos disponíveis, das hipóteses formuladas e dos resultados de “outros investigadores” (os resultados obtidos pelos vários alunos da turma e os recolhidos mediante a pesquisa bibliográfica). A análise dos resultados permitirá ainda a *regulação pelo próprio aluno das tarefas desenvolvidas*, através da reestruturação das várias etapas e da comparação com as concepções prévias.
- g) *Promover a reflexão acerca das implicações do estudo.* Esta fase permitirá considerar a possibilidade de continuar o estudo tendo em atenção maiores níveis de complexidade e/ou problemas surgidos e a análise de implicações de âmbito CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade).
- h) *Promover a análise da contribuição do estudo para a construção de um corpo coerente de conhecimentos.* Serão analisadas as implicações para o domínio do conhecimento em questão e, ainda, para outros domínios do saber.

Por fim, é proposta a *elaboração de um relatório* do estudo desenvolvido. Estará em causa um aspecto fundamental da actividade científica: a *comunicação*. Pressupõe-se que o trabalho laboratorial deverá possibilitar o desenvolvimento de capacidades de explicitação do pensamento e o desenvolvimento da linguagem oral e escrita (discussão oral e relatório). Estas capacidades são, também, entendidas como necessárias ao desenvolvimento pessoal e social de cada indivíduo. É recomendado que seja dada a esta tarefa um sentido autêntico de comunicação científica de forma a superar as conotações habituais de um simples exercício destinado a ser classificado pelo professor:

“En este sentido, puede ser muy conveniente hacer juzgar el papel de ‘referees’ a cada grupo de estudiantes, dándoles a analizar un cierto número de memorias para que sugieran modificaciones a los autores, etc. La ‘publicación’ de unas actas del trabajo realizado durante el curso y la organización de sesiones de comunicación oral (con ayuda de transparencias, videos, simulaciones, etc.) y de sesiones ‘póster’, contribuye a dar interés a este esfuerzo de comunicación, además de proporcionar una visión más correcta del trabajo científico, buena parte del cual está centrado en dicha comunicación.” (Fúrio *et al.*, 2005, p. 94)

É ainda enfatizada a importância na execução destas actividades em grupo:

“Potenciar la *dimensión colectiva del trabajo científico* organizando equipos de trabajo y facilitando la interacción entre cada equipo y la comunidad científica, representada en la clase por el resto de los equipos, el cuerpo de conocimientos ya construido (recogido en los textos), el profesor como experto, etc.” (Gil Pérez & Valdés Castro, 1996, p. 157)

A reflexão acerca do processo que subjaz à realização das actividades laboratoriais e do próprio processo de aprendizagem experienciado pelo aluno é preconizada como uma tarefa promotora da compreensão da natureza da Ciência (Hodson, 1994 e 2000; Clough, 2004). Clough (2004) considera-a como parte integrante das actividades laboratoriais e propõe alguns enfoques: (a) o modo como a teoria orienta a planificação de um procedimento experimental; (b) os critérios usados na decisão das observações a efectuar; (c) o modo como os dados são interpretados e (d) a existência ou não de um método científico universal.

A pluralidade de estratégias na abordagem da natureza da Ciência evidenciada nos relatos anteriores está em consonância com a perspectiva outrora defendida por Hodson (1994):

“debemos utilizar una amplia gama de otras experiencias de aprendizaje activa - por ejemplo, el empleo de estudios de casos históricos, simulaciones y reconstrucciones dramáticas, representar papeles y hacer debates, llevar a cabo actividades con el ordenador y experimentos que impliquen reflexión.” (p. 308)

Em síntese, a análise das várias propostas apresentadas permite evidenciar os seguintes aspectos:

- a) A natureza da Ciência deverá ser considerada como um conteúdo à semelhança dos conteúdos específicos de uma dada disciplina e independentemente de constituir uma unidade temática autónoma ou estar disseminada pelas várias unidades temáticas de um programa curricular. É enfatizada a necessidade de ser objecto de uma abordagem intencional.
- b) A abordagem da natureza da Ciência assenta numa perspectiva de ensino-aprendizagem que confere ao aluno um papel interventivo. Algumas propostas didácticas e a atribuição de determinado tipo de tarefas ao aluno permitem estabelecer um paralelismo com pressupostos orientadores de uma pedagogia para a autonomia em contexto escolar (v. Vieira, 1998). Deste modo, é possível identificar alguns dos princípios pedagógicos configuradores de uma pedagogia transformadora em que os alunos estão activamente implicados na aprendizagem escolar: *Transparência*; *Relevância*; *Reflexividade*; *Democrática* e *Criatividade/Inovação* (v. Vieira *et al.*, 2002). O princípio pedagógico da *Transparência* está evidenciado nas sugestões que apontam a importância da tomada de consciência dos alunos acerca das finalidades de cada actividade, através da sua explicitação ou da sua identificação pelos próprios alunos. O princípio pedagógico da *Relevância* está patente nas sugestões que acentuam a importância da adequação das actividades não só ao nível etário e ao nível de escolaridade dos alunos mas também aos interesses dos alunos e nas propostas focalizadas no contacto com realidades sócio-profissionais (os contextos reais de investigação). O princípio pedagógico da *Reflexividade* evidencia-se nas propostas que implicam a reflexão acerca dos

processos seguidos na execução das actividades e nos percursos de aprendizagem. O princípio pedagógico da *Democraticidade* está evidenciado nas propostas que implicam a cooperação (actividades em grupo), o confronto de opiniões e a aceitação da pluralidade de perspectivas (debates). O princípio pedagógico da *Criatividade/Inovação* está patente nas sugestões que apontam a definição de planos de investigação pelo alunos, a pesquisa de informação e a construção de actividades laboratoriais.

- c) A abordagem da natureza da Ciência contempla a discussão das ideias prévias dos alunos e o envolvimento dos alunos na resolução de situações problemáticas. Estas tarefas apontam, respectivamente, para uma perspectiva de ensino por mudança conceptual e uma perspectiva de ensino por pesquisa (v. Cachapuz, Praia & Jorge, 2002).
- d) A exploração da natureza da Ciência está orientada não só para a compreensão dos processos envolvidos na construção do conhecimento científico e das características da Ciência mas também para o desenvolvimento de competências semelhantes às dos cientistas. Destaca-se o desenvolvimento do pensamento divergente, do espírito crítico e da criatividade.
- e) A abordagem da natureza da Ciência assenta em suportes de natureza diversificada. Evidencia-se a exploração de contextos científicos autênticos através de vias diversificadas: textos originais da História da Ciência; reprodução de experiências históricas e contacto real com investigadores.

### **2.3. Imagens da natureza da Ciência em manuais escolares de Ciências: alguns estudos**

Os manuais escolares, enquanto uma das peças fulcrais no plano educacional, constituem-se como um objecto por excelência da investigação em Educação. Tem-lhes sido dedicada alguma atenção no panorama investigativo nacional e internacional<sup>33</sup>. São um instrumento que, perante a diversidade de elementos que integra e a pluralidade de funções que pode desempenhar, possibilita múltiplas perspectivas de análise. Na

---

<sup>33</sup> Referem-se, a título exemplificativo, algumas publicações que ilustram o interesse da investigação em Educação no manual escolar como um objecto de estudo: (1) em Portugal, as “Actas do I Encontro Internacional sobre Manuais Escolares” (Castro, Rodrigues, Silva & Sousa, 1999); (2) nos Estados Unidos, a publicação “Una didáctica de las ciencias. Procesos y aplicaciones” (Santa & Alverman, 1994) (3) em Espanha, a edição “Los libros de texto” da “Alambique” (1997).

investigação em Educação em Ciências, um dos ângulos possíveis, e que vem sendo explorado, assenta nas imagens de Ciência por eles veiculadas. Nesta linha, têm sido considerados, nos *corpora* de análise, manuais de várias áreas do domínio das Ciências.

Na investigação realizada em Portugal, evidenciam-se os estudos incidentes na análise de manuais escolares de três áreas disciplinares: (1) *Ciências da Natureza* (Valente, 1989; Santos, 1998 e 2001; Duarte, 1999; Pereira & Amador, 2007); (2) *Química* (Campos, 1996; Cardoso, 2002; Cardoso & Duarte, 2005) e (3) *Física* (Leite, 2002). É de salientar que apenas dois estudos (Campos, 1996; Santos, 1998) incluem explicitamente a natureza da Ciência como um enfoque de análise. Nos restantes, são analisadas algumas características do processo científico que contribuem para a construção de uma imagem da natureza da Ciência. Na maioria dos estudos, estas características integram dimensões do domínio *História da Ciência*. Os manuais escolares analisados, com excepção dos contemplados nos estudos de Cardoso (2002), Cardoso & Duarte (2005) e Pereira & Amador (2007), foram produzidos num contexto educativo diferente do actual dado que são anteriores à última Reforma Educativa, iniciada em 1996. Sublinha-se ainda que, nesta Reforma, o conhecimento epistemológico como uma vertente da educação em Ciências adquiriu nova acuidade.

Na investigação produzida noutros países, refere-se, a título exemplificativo, os estudos de análise de manuais escolares americanos de Ciências da Terra (Finley & Pocovi, 1999), de manuais escolares espanhóis de Física (Guisasola, 1997) e de manuais escolares espanhóis de Ciências da Natureza, de Biologia e Geologia e de Física e Química (Nuño Angós & Ruiperéz Calleja, 1997)

Nesta revisão de literatura, começa-se por referir as investigações focalizados em manuais escolares portugueses. Destaca-se, em primeiro lugar, os dados das investigações incidentes em manuais de Ciências da Natureza por incidirem num *corpus* de análise próximo daquele que é o objecto do presente estudo, em virtude da afinidade dos respectivos domínios científicos. Complementa-se este relato com os dados das investigações focalizadas em manuais escolares de Química e de Física. Os estudos incidentes na disciplina de *Ciências da Natureza* contemplam essencialmente manuais do 5º ano de escolaridade (10/11 anos). Os *corpora* analisados são os seguintes: (1) dois manuais escolares do 5º ano, editados em 1986 (Valente, 1989); (2) dois manuais escolares do 5º ano (Santos, 1998); (3) oito manuais escolares, quatro do 5º ano e quatro do 6º ano, editados em 1995 e 1996 (Duarte, 1999) e (4) nove manuais escolares do 5º

ano provenientes de sete editoras e publicados em 2004 (Pereira & Amador, 2007). Os estudos focalizados em manuais escolares de *Química* abarcam os seguintes *corpora* de análise: (1) quatro manuais do 11º ano (Campos, 1996) e (2) nove manuais do 9º ano e seis manuais do 11º ano (Cardoso, 2002). O estudo incidente em manuais escolares de *Física* contempla cinco manuais, dois do 8º ano, dois do 10º ano e um do 11º ano, editados entre 1996 e 1998 (Leite, 2002). A conclusão global revelada por estes estudos aponta a presença de uma perspectiva de Ciência de orientação positivista na maioria dos manuais escolares analisados. Descrevem-se em seguida as características de Ciência de orientação positivista encontradas:

- a) A observação e/ou a experiência são apresentadas como os processos de construção do conhecimento científico. É neste sentido que apontam as actividades didácticas propostas em manuais do 5º ano (Santos, 1998; Duarte, 1999). Caracterizam-se por um elevado grau de estruturação, indutor de um processo algorítmico de construção do conhecimento. Esta ideia, nalguns casos, é reforçada pela explicitação de um processo metodológico de referência - o método científico. Neste item, encontram-se diferenças entre as amostras analisadas que poder-se-á pensar estarem relacionadas com os contextos educacionais das épocas de produção dos manuais: enquanto que a indicação do método científico e da respectiva enumeração de um conjunto de regras necessárias à sua aplicação ocupam o conteúdo das unidades iniciais dos manuais analisados por Valente (1989), na amostra de oito manuais analisada por Duarte (1999) estão restringidas a apenas um deles.
- b) A natureza aproblemática de ciência está patente em manuais do 5º ano (Santos, 1998; Duarte, 1999).
- c) A validação do conhecimento científico é uma vertente do processo de criação científica que está contemplado em apenas um dos dois manuais analisados por Santos (1998). É apresentada como um processo que assenta na aplicação do método científico.
- d) A Ciência é apresentada como um repositório de conhecimentos (Santos, 1998). Contribui para esta imagem a estruturação dos manuais em redor do conhecimento substantivo e, em simultâneo, a predominância de um discurso assente numa estrutura descritiva em detrimento de uma estrutura explicativa.
- e) A produção científica é independente do contexto societal em que se

desenvolve (Valente, 1989; Santos, 1998; Pereira & Amador, 2007). Os contextos religiosos, filosóficos e políticos de cada época não são exploradas na maioria dos manuais. Predomina a abordagem dos contextos científico e tecnológicos. Estes, também são os contextos abordados na maioria dos manuais escolares de Química (Cardoso, 2002).

- f) O carácter evolutivo da Ciência é um processo sequencial, linear e acumulativo (Santos, 1998; Pereira & Amador, 2007). Esta imagem é, também, a veiculada pela maioria dos manuais escolares de Química (Cardoso & Duarte, 2005). A evolução da Ciência é o resultado da descoberta de novos factos, decorrentes da observação ou da experiência (Santos, 1998; Pereira & Amador, 2007), perspectiva induzida por exemplo, através da afirmação “*Outros investigadores, observando um grande número de células animais e vegetais vivas, viriam mais tarde a formular a chamada Teoria Celular (manual B)*” (Pereira & Amador, 2007, p. 200). É, ainda, apresentada como estando dependente da evolução tecnológica: “*O homem desde o início se interessou por conhecer o universo. Mas até ao século XX esse conhecimento esteve muito limitado aos telescópios existentes (manual E)*” (Pereira & Amador, 2007, p. 203).
- g) A imagem de cientista veiculada assenta em estereótipos (Valente, 1989; Santos, 1998; Pereira & Amador, 2007). O recurso a fontes de informações ricas em dados sobre a vida e obra dos cientistas é uma estratégia didáctica utilizada. Em alguns manuais, está limitado a uma exploração redutora, focalizada na enumeração de um conjunto de dados identificadores do cientista como, por exemplo, as datas de nascimento, de morte, etc. (Valente, 1989). Neste conjunto de manuais, é evidenciada a Ciência como uma actividade de elites, restrita a indivíduos dotados de capacidades geniais. É também esta a imagem que está patente em três dos quatro manuais escolares de Química analisados por Cardoso & Duarte (2005) e que predomina nos manuais de Física (Leite, 2002).

Nos *corpora* referidos, encontram-se alguns manuais escolares que apresentam algumas características que os aproximam de uma perspectiva de Ciência de orientação pós-positivista. Esta perspectiva está patente apenas num número reduzido de manuais: os de Ciências da Natureza do 6º ano (1999); dois manuais de Química do 9º ano de

escolaridade anteriores à Reforma Educativa de 1996 e três manuais de Química do 10º ano de escolaridade produzidos no contexto da actual Reforma (Cardoso, 2002). A imagem de Ciência patente mostra as seguintes características:

- a) O progresso da Ciência não é visto como um processo linear e sequencial mas como um processo dinâmico que envolve controvérsias, crises, dúvidas, erros e frustrações (Cardoso, 2002). Esta visão, embora identificada em metade dos manuais analisados por Pereira & Amador (2007), não tem expressividade dado o número reduzido de ocorrências.
- b) A investigação científica é apresentada como um trabalho colectivo (Cardoso, 2002). Esta perspectiva é sugerida por todos os manuais escolares do 5º ano analisados por Pereira & Amador (2007) mas a visão predominante é a da actividade científica como um trabalho individual.
- c) O ambiente em que decorre a actividade científica inclui não só os contextos científico e tecnológico mas também os contextos social e político da época (Cardoso, 2002). Os manuais deste estudo não contemplam o contexto religioso. No conjunto de nove manuais analisados por Pereira & Amador (2007), há apenas um manual que, além dos contextos científico e tecnológico, explora o contexto político. No entanto, está restrito a uma abordagem pontual. Nos manuais escolares de Física, o contexto político nunca está contemplado, os contextos social e religioso estão patentes em alguns manuais mas com expressividade inferior à dos contextos científico e tecnológico.
- d) A comunidade científica participa na validação do conhecimento científico (Cardoso & Duarte, 2002).
- e) Os cientistas são mostrados como indivíduos que estão inseridos no contexto da sua época (Cardoso & Duarte, 2005).

As imagens da natureza da Ciência predominantemente veiculadas pelos manuais escolares estrangeiros, considerados nesta revisão, aproximam-se de perspectivas de orientação positivista e são idênticas às identificadas nos manuais escolares portugueses. A análise efectuada por Guisola (1997) incidiu em 30 manuais escolares espanhóis de Física, editados nos anos 80 e 90. Evidencia a visão apromática do processo de construção do conhecimento científico, a perspectiva linear e cumulativa do progresso científico e uma imagem da Ciência historicamente descontextualizada.

Salienta ainda a presença de actividades laboratoriais essencialmente de natureza demonstrativa.

A imagem do cientista é uma dimensão evidenciada no estudo de Nuño Angós & Ruiperéz Calleja (1997). Contemplou a análise de dez manuais escolares espanhóis (dois de Ciências da Natureza; dois de Biologia e Geologia e dois de Física e Química). A imagem veiculada mostra o empreendimento científico como uma actividade essencialmente masculina: identificaram 215 referências relativas a cientistas masculinos e apenas três relativas a cientistas mulheres (duas de Marie Curie e uma de Maria La Judia em relação à técnica do “banho maria”).

A análise de manuais escolares americanos de Ciências da Terra mostra que o papel por eles desempenhado na compreensão da natureza da Ciência é diminuto em virtude das omissões detectadas (Finley & Pocovi, 1999). São salientadas a ausência de referências relativas aos seguintes aspectos: (1) origem dos problemas que estão na base da construção do conhecimento científico; (2) natureza individual e colectiva da actividade científica; (3) pluralidade de métodos utilizados pelos cientistas nos quais se inclui a experiência, (4) mobilização de quadros teóricos na recolha e interpretação de dados; (5) influência de factores políticos, económicos e culturais na actividade científica, (6) papel da criatividade no processo de criação científica e (7) relação Ciência-Tecnologia. O investigador conclui salientando o valor do manual escolar e enfatizando a importância do incremento da qualidade de concepção:

“Textbooks have been one of the most successful inventions in all of human history in that they have been used by teachers to transmit information across many generations for centuries. They can continue to do so. However, we cannot perpetuate textbooks that are designed and written based on anything less than the best of what we know.” (op. cit., p. 33)

A análise da bibliografia recomendada nos manuais escolares é um outro parâmetro considerado em alguns estudos. Está contemplada na investigação levada a cabo por Duarte (1999). Esta opção assenta no pressuposto de que o manual do aluno também é dirigido ao professor e, desta forma, poderá incluir informação relevante para o desempenho da actividade docente. Nesta perspectiva, a análise da bibliografia recomendada foi orientada por duas questões: (a) o manual refere bibliografia da área da Didáctica das Ciências?; (b) o manual refere apenas bibliografia da área específica das Ciências da Natureza?. Os resultados mostram que a maioria dos manuais recomenda

bibliografia exclusivamente relacionada com a área das Ciências da Natureza. Apenas dois manuais, um de 5º ano e outro de 6º ano, incluem na bibliografia a referência a livros de Didáctica das Ciências e ainda um outro manual de 6º ano propõe artigos de investigação em Didáctica das Ciências. Embora neste estudo não esteja comentado este resultado, poderá ser útil reflectir sobre as razões que estão na sua origem e na imagem que pode induzir. Parece plausível pensar, entre outras, numa interpretação destes dados que aponte para a atribuição de uma maior relevância para a actividade docente do saber do campo das Ciências da Natureza do que do campo da Didáctica das Ciências. É esta a imagem que implicitamente poderá estar a ser veiculada. No entanto, ressalva-se a inexistência de qualquer informação disponível em relação às razões que terão orientado os autores dos manuais escolares na tomada desta opção.

A comparação de resultados de estudos produzidos em épocas passadas, como o de Valente, publicado em 1989, com os de estudos realizados após dez anos (Santos, 1998; Duarte, 1999) evidencia, ao longo dos tempos, a persistência nos manuais de algumas imagens de Ciência. A reflexão sobre as possíveis razões que estarão na origem da resistência ou dificuldade à mudança mostra-se necessária.

Alguns estudos apontam o distanciamento entre as perspectivas preconizadas nos currículos oficiais e as perspectivas materializadas nos manuais escolares. Possíveis explicações estão em factores externos e internos aos próprios autores.

Uma das razões assenta em condicionalismos definidos pelas próprias editoras, decorrentes de factores económicos (Carmen & Jiménez Aleixandre, 1997). Segundo estes investigadores, a viabilidade económica dos manuais escolares que rege o posicionamento das editoras implica a produção de manuais passíveis de fácil exploração didáctica. A construção de manuais pautados por propostas inovadoras, que à partida interferem em rotinas já estabelecidas e que poderão exigir mais trabalho ao professor é encarada como uma proposta arriscada.

## III – METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

### Introdução

Inicia-se este capítulo com uma descrição sucinta do presente estudo. Em seguida, apresenta-se uma síntese do quadro teórico relativo à natureza da Ciência em que assenta o estudo. Atribui-se-lhe este destaque nesta secção uma vez que é ele que delimita o enfoque de análise, determinando a construção dos vários instrumentos de investigação e a leitura da informação recolhida. Está, assim, estruturado com fins investigativos.

Posteriormente, explicitam-se os *corpora* de análise e os critérios de selecção dos professores e dos autores que participam no estudo. Descrevem-se os procedimentos de recolha e análise de informação e os processos de validação dos instrumentos de investigação em função de cada uma das vertentes que integram o estudo: 1) Imagens da natureza da Ciência nos documentos oficiais orientadores do processo de ensino-aprendizagem de Ciências Naturais/Biologia e Geologia; 2) Imagens da natureza da Ciência nos manuais escolares de Ciências Naturais/Biologia e Geologia; 3) Percepções dos professores acerca da natureza da Ciência veiculada nos manuais escolares de Ciências Naturais/Biologia e Geologia e 4) Intenções dos autores na operacionalização da natureza da Ciência nos manuais escolares de Ciências Naturais/Biologia e Geologia.

### 3.1. Plano geral do estudo

O presente estudo toma como objecto de análise manuais escolares de Ciências Naturais (3º ciclo do ensino Básico) e de Biologia e Geologia (ensino Secundário). Desenrola-se em torno das imagens da natureza da Ciência patente nestes manuais. Assenta nos seguintes objectivos:

- a) Identificar as imagens da natureza da Ciência veiculadas nos documentos oficiais orientadores do processo de ensino-aprendizagem de Ciências Naturais e da Biologia e Geologia.
- b) Identificar as imagens da natureza da Ciência veiculadas nos manuais escolares de Ciências Naturais e da Biologia e Geologia.
- c) Identificar o grau de incidência das referências bibliográficas passíveis de contribuírem para a exploração da natureza da Ciência, enumeradas nos

documentos oficiais orientadores do processo de ensino-aprendizagem de Ciências Naturais e da Biologia e Geologia.

- d) Identificar a ênfase atribuída à natureza da Ciência nas actividades de avaliação incluídas nos manuais escolares de Ciências Naturais e da Biologia e Geologia.
- e) Identificar o grau de incidência de bibliografia passível de contribuir para a abordagem da natureza da Ciência nas referências bibliográficas dos manuais escolares de Ciências Naturais e da Biologia e Geologia.
- f) Avaliar o papel das variáveis “ano de escolaridade” e “conteúdo científico” nas imagens da natureza da Ciência veiculadas nos manuais escolares de Ciências Naturais e da Biologia e Geologia.
- g) Analisar a articulação entre os documentos oficiais orientadores do processo de ensino-aprendizagem e os manuais escolares de Ciências Naturais e da Biologia e Geologia no domínio “natureza da Ciência”.
- h) Analisar as percepções dos autores sobre a operacionalização da natureza da Ciência nos manuais escolares de Ciências Naturais e da Biologia e Geologia.
- i) Identificar as percepções dos professores sobre as imagens da natureza da Ciência veiculadas nos manuais escolares de Ciências Naturais e da Biologia e Geologia.

O esquema da figura 1 dá uma visão global das componentes do estudo.

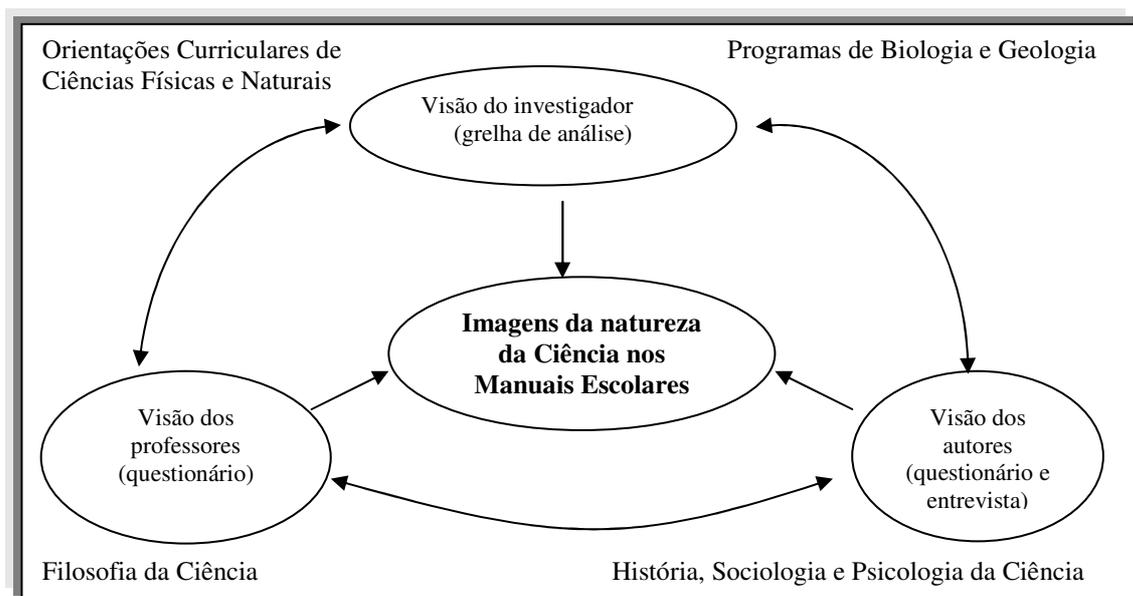


Fig. 1: Componentes do estudo

O presente estudo centra-se na análise da operacionalização da natureza da Ciência nos manuais escolares, segundo múltiplos olhares: o do investigador, o dos professores que utilizam os manuais escolares e o dos autores.

É um estudo de caso (v. Bassey, 1999) que está focalizado numa dimensão específica do ensino das Ciências – *a natureza da Ciência* - e delimitado a um grupo de cinco manuais escolares elaborados pela mesma equipa de autores, para os 7º, 8º, 9º, 10º e 11º anos de escolaridade. É esta a tipificação que também se encontra em outros estudos com características idênticas a este, que incidem apenas em algumas dimensões do ensino das Ciências e num número restrito de manuais escolares (v. Santos, 2001).

O estudo recorre à análise documental e à técnica de inquérito por questionário e entrevista. É de natureza interpretativa, conjugando procedimentos qualitativos e quantitativos. Incide na análise de conteúdo, orientada por um quadro teórico de referência, previamente definido, relativo à conceptualização da natureza da Ciência (secção 3.2). O procedimento quantitativo consiste no cálculo de frequências aplicado à informação recolhida através dos vários instrumentos de investigação e de acordo com as dimensões de análise definidas. Utilizou-se este procedimento para evidenciar tendências e regularidades no sentido de sistematizar e comparar as imagens da natureza da Ciência emergentes.

Trata-se de um estudo de caso que tem o valor de produzir generalizações “imprecisas” (*fuzzy generalization*):

“The fuzzy generalization arises from studies of singularities and typically claims that *it is possible, ou likely, or unlikely that* what was found in the singularity will be found in similar situations elsewhere: it is a qualitative measure.” (Bassey, 1999, p. 12)

Recorre-se aos seguintes instrumentos de investigação:

- a) Grelha de análise de manuais escolares;
- b) Questionário sobre percepções dos professores acerca da natureza da Ciência patente nesses manuais escolares;
- c) Questionário e entrevista acerca das intenções dos autores desses manuais na operacionalização da natureza da Ciência nos manuais escolares.

### 3.2. 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 (Jiménez Aleixandre, 1996; Chalmers, 1997; Echeverría, 2003). É este posicionamento que orientou a construção dos instrumentos de investigação.

Nos quadros 3.1 e 3.2 sintetizam-se os atributos caracterizadores de algumas visões acerca da natureza da Ciência e dos cientistas em função das duas orientações: positivista e pós-positivista. Os atributos estão agrupados em seis dimensões. As cinco primeiras – *Processo de Criação Científica*, *Estatuto da Teoria e da Observação*, *Estatuto Epistemológico do Conhecimento Científico*, *Evolução do conhecimento Científico* e *Contexto da Actividade Científica* - referem-se aos processos envolvidos na construção do conhecimento científico e às características que este conhecimento assume em resultado da implementação desses processos. A última - *Imagem do Cientista* – está intimamente relacionada com as anteriores, na medida em que os processos envolvidos na construção do conhecimento científico e as características que este assume não estão dissociados do indivíduo que lhes dá origem – o Cientista.

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

- a) *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.

- b) ***Estatuto da Teoria e da Observação***. Esta dimensão reporta-se à relevância da teoria e da observação na construção do conhecimento científico.
- c) ***Estatuto Epistemológico do Conhecimento Científico***. Esta dimensão diz respeito à valorização do conhecimento científico em relação a outras formas de conhecimento.
- d) ***Evolução do Conhecimento Científico***. Esta dimensão refere-se ao carácter estático/dinâmico do conhecimento científico e o modelo de progresso científico.
- e) ***Contexto da Actividade Científica***. Esta dimensão focaliza-se nos contextos profissional e social 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.
- f) ***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) ensaios de filósofos da Ciência e de especialistas em Educação em Ciências (Chalmers, 1992 e 1997; Hodson, 1998; 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; Jimenéz Alexandre, 1996; Medrano Ureta, 2001; Cachapuz, Praia & Jorge, 2002; Valadares, 2003).

**Quadro 3.1: Natureza da Ciência: Dimensões e respectivos atributos de orientação Positivista e Pós-positivista**

Atributos de orientação Positivista	Atributos de orientação Pós-positivista
<b>Dimensão: <i>Processo de Criação Científica</i></b>	
<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 testagem experimental constitui o critério de validação do conhecimento científico. 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 de uma comunidade científica, numa dada época. Associado a este consenso, existe sempre uma negociação dentro de uma 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 por uma comunidade científica.</p>

**Quadro 3.1 (continuação): Natureza da Ciência: Dimensões e respectivos atributos de orientação Positivista e Pós-positivista**

Atributos de orientação Positivista	Atributos de orientação Pós-positivista
<b>Dimensão: Estatuto da Teoria e da Observação</b>	
<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>
<b>Dimensão: Estatuto Epistemológico do Conhecimento Científico</b>	
<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>
<b>Dimensão: Evolução do Conhecimento Científico</b>	
<p>O conhecimento científico caracteriza-se pelo seu carácter estático e imutável. É um conjunto de verdades absolutas. 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. A progressão do conhecimento científico ocorre através de avanços e recuos. Pode caracterizar-se pela existência de períodos de ruptura.</p>
<b>Dimensão: Contexto da Actividade Científica</b>	
<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>

No quadro 3.2 sintetizam-se alguns atributos caracterizadores de visões acerca dos cientistas, geralmente associados às perspectivas de orientação positivista e pós-positivista.

**Quadro 3.2: Imagem do Cientista: atributos geralmente associados a perspectivas de orientação Positivista e Pós-positivista**

Atributos geralmente associados a uma perspectiva de orientação Positivista	Atributos geralmente associados a uma perspectiva de orientação Pós-positivista
O cientista é visto como um ser “bizarro”, que vive à margem do mundo real, isto é, descontextualizado de um meio familiar, cultural, económico e político. É um indivíduo intelectualmente superior. É um génio, um sábio. Procura, constantemente, o novo e o insólito em permanentes trabalhos de invenção. É um obstinado colector de factos. É um indivíduo do sexo masculino, de raça branca e ocidental, geralmente integrado num laboratório.	O cientista é visto como um cidadão comum, emocionalmente integrado no mundo real, influenciado nas suas decisões científicas por convicções e ideologias pessoais. É um indivíduo tanto do sexo masculino como do sexo feminino e de qualquer raça.

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 3.1 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. Assim, o contributo da História da Ciência está mais nítido na dimensão “Evolução do Conhecimento Científico” e o contributo da Sociologia da Ciência nas dimensões “Estatuto Epistemológico do Conhecimento Científico” e “Contexto da Actividade Científica”. A Filosofia da Ciência incide sobretudo nas dimensões

“Processo de Criação Científica” e “Estatuto da Teoria e da Observação”.

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 nos manuais escolares, 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. Uma análise detalhada da transposição do quadro epistemológico, estruturado por este investigador, para a elaboração de um questionário com o objectivo de identificar a imagem de Ciência perfilhada por professores, alunos, etc., mostra que o investigador não diferenciou em todas as questões as quatro perspectivas de Ciência que corporizam esse quadro teórico. Trata-se de um questionário que inclui 32 questões de escolha múltipla. Constata-se que 65,6 % das questões apresentam apenas duas alternativas de escolha. As restantes 11 questões distribuem-se do seguinte modo: duas incluem quatro opções de escolha e nove incluem três opções. Compreende-se facilmente esta situação com o facto de determinados itens acerca da natureza da Ciência apresentarem características básicas iguais e só se diferenciarem através de atributos muito específicos. São estes atributos que são abandonados nas opções de escolha que corporizam o questionário. O próprio investigador assume a existência de uma dicotomia em algumas questões aquando da apresentação do formato do questionário. Este relato mostra um exemplo da manipulação de um quadro epistemológico que apoia a opção, no presente estudo, por duas orientações acerca da natureza da Ciência. No entanto, não significa que não se reconheça a importância que um quadro epistemológico como este, estruturado em quatro perspectivas de Ciência, poderá assumir na compreensão da discussão acerca da natureza da Ciência por todos aqueles que se interessam por esta temática e, em particular, na formação de professores.

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 (v. secção 1.1.2). 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.

O quadro de análise explanado nos quadros 3.1 e 3.2, em conjunto com a listagem dos indicadores acerca da natureza da Ciência que orientam a análise dos manuais escolares (anexo 2), foram submetidos à apreciação de juízes<sup>34</sup>. Quatro especialistas em Didáctica das Ciências pronunciaram-se, de modo independente, acerca de um ou mais dos seguintes aspectos:

- a) Orientações de Ciência definidas;
- b) Dimensões, atributos e indicadores definidos;
- c) Designação de natureza epistemológica atribuída a cada um dos grupos de atributos;
- d) Amostra de manuais escolares seleccionada.

As observações relativas ao último aspecto serão objecto de explanação na secção 3.4 aquando da indicação do *corpus* de manuais escolares em análise.

A opção por apenas duas orientações acerca da natureza da Ciência acolheu a concordância da maioria dos juízes. A baixa frequência de elementos de natureza epistemológica incluídos nos manuais escolares foi apresentado como um argumento para corroborar a opção por apenas duas orientações. A opção por uma estrutura com maior número de divisões conduziria a uma dispersão de dados que, consequentemente,

---

<sup>34</sup> Agradece-se as opiniões manifestadas pelos Professor Doutor Jorge Valadares (Universidade Aberta); Professor Doutor João Praia (Universidade do Porto); Professora Doutora Maria da Conceição Duarte (Universidade do Minho) e Professora Doutora Laurinda Leite (Universidade do Minho).

tornaria difícil o posicionamento dos manuais escolares em relação a uma imagem acerca da natureza da Ciência.

Foi, ainda, sugerida a junção numa mesma dimensão – *Evolução do Conhecimento Científico* - dos atributos referentes ao carácter estático/dinâmico do conhecimento científico e aos modelos de progresso do conhecimento científico. Desta forma, além de se reunirem atributos com afinidade, evita-se, também, a dispersão de dados.

Quanto às designações de natureza epistemológica atribuídas a cada um dos grupos de atributos, foi sugerida a utilização das designações «*Positivista*» e «*Pós-positivista*». Foi considerado que os termos inicialmente adoptados - «*Empirismo*» e «*Racionalismo*» -, embora empregues em quadros teóricos idênticos ao utilizado neste estudo (v. Praia, 1995; Campos & Cachapuz, 1997; Cachapuz, Praia & Jorge, 2002), não deveriam ser utilizados. Tomou-se conhecimento de que os investigadores atrás referidos também já não defendem a aplicação dessa terminologia a quadros teóricos desta natureza. Os termos «*Empirismo*» e «*Racionalismo*» encerram em si mesmos um significado muito próprio que os vincula a correntes epistemológicas assentes, respectivamente, na experiência e na razão como as únicas vias de acesso ao conhecimento (v. Hessen, 1987) e que as posiciona em pólos extremos. Desta forma, não permitem abarcar outras conceptualizações acerca da natureza da Ciência. Adopta-se uma perspectiva em consonância com a tese de Bachelard (1986) que aponta como obstáculo epistemológico a centralização da compreensão do processo de produção do conhecimento científico apenas nestes extremos (v. secção 2.1). O recurso às designações «*Positivista*» e «*Pós-positivista*» evita estes posicionamentos extremos e permite contemplar conceptualizações que se situam em posições intermédias entre o Empirismo e o Racionalismo.

### **3.3. Natureza da Ciência nos documentos oficiais orientadores do processo de ensino-aprendizagem das Ciências Naturais e da Biologia e Geologia**

A leitura dos documentos emanados pelo Ministério da Educação que orientam o processo de ensino-aprendizagem para as disciplinas de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia, efectuada com o intuito de contextualizar o estudo (v. secção 1.1.4), revelou que eles poderiam também constituir um *corpus* de análise e, assim, uma vertente que inicialmente não estava prevista no estudo. Assumiu-se, então, que qualquer leitura

interpretativa de manuais escolares exige considerar os pressupostos e princípios expressos nos documentos oficiais definidores da política educativa. Supostamente, são estes documentos que estarão na primeira linha de orientação da construção de manuais escolares. Neste sentido, considerou-se pertinente incluir no presente estudo a análise destes documentos com o intuito de dar consecução aos seguintes objectivos:

- a) Identificar as imagens da natureza da Ciência veiculadas nos documentos oficiais orientadores do processo de ensino-aprendizagem de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia;
- b) Analisar a articulação entre os documentos oficiais orientadores do processo de ensino-aprendizagem e os manuais escolares de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia no domínio “natureza da Ciência”.

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.

### **3.3.1. Apresentação do *corpus* de análise dos documentos oficiais**

O presente estudo focaliza-se nas disciplinas de Ciências Naturais (3º ciclo do ensino Básico) e de Biologia e Geologia (ensino Secundário). Não contempla as disciplinas de Biologia e de Geologia do último ano do ensino Secundário (12º ano) por dois motivos. Por um lado, os respectivos programas entraram em vigor apenas no ano lectivo de 2005/2006, já numa fase adiantada de elaboração desta dissertação, e, consequentemente, é neste mesmo período que os professores entram, pela primeira vez, em contacto com os manuais escolares correspondentes. A falta de familiarização dos professores com estes manuais escolares poderia condicionar a consecução de um dos objectivos deste estudo - *Analisar as percepções dos professores sobre as imagens da natureza da Ciência veiculadas nos manuais escolares de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia*. Por outro lado, no 12º ano, ao contrário dos anos de escolaridade anteriores (3º ciclo e 10º e 11º anos), a Biologia e Geologia são duas áreas científicas que integram disciplinas diferenciadas.

Face ao exposto, o *corpus* de análise inclui os seguintes documentos oficiais:

- a) Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais;

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

A incidência no primeiro documento - *Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais* - justifica-se por ser aquele que enquadra a concepção e o desenvolvimento do currículo do ensino Básico, tanto ao nível da expressão nacional (Orientações Curriculares) como local (projectos curriculares de escola e de turma). Está organizado em três secções principais: a primeira, *Introdução e Competências gerais*, explicita o significado de competência, a filosofia que preside à abordagem por temas transversais preconizada para o ensino Básico, as competências entendidas como essenciais para todos os cidadãos e os respectivos modos de operacionalização transversal e, ainda, possíveis acções a desenvolver; a segunda, *Competências específicas*, subdividida em função das várias disciplinas/áreas disciplinares, expõe as competências específicas para cada uma delas; a última, *Bibliografia*, apresenta uma listagem de bibliografia dividida de acordo com cada disciplina/área disciplinar.

O segundo documento, de carácter mais específico, 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. É esta última característica que confere a este programa curricular um carácter inovador na organização deste tipo de documentos. A estruturação das orientações curriculares para estas duas disciplinas é apresentada num único documento e assenta em pressupostos preconizadores de abordagens didácticas interdisciplinares:

“Pretende-se evidenciar conteúdos tradicionalmente considerados independentes e sem qualquer relação. Deste modo, facilita-se aos professores o conhecimento do que se preconiza como fundamental os alunos saberem nas duas disciplinas, bem como lhes permite, se assim o entenderem, organizarem colaborativamente as suas aulas, ou alguns conteúdos ou ainda orientarem os alunos no desenvolvimento de projectos comuns.” (Galvão, 2002, pp. 5-6)

Uma vez que Ciências Naturais é a disciplina do 3º ciclo do ensino Básico em que se focaliza este estudo, as secções analisadas nos dois documentos iniciais são: no primeiro, as comuns aos vários ciclos do ensino Básico e a específica do 3º ciclo da respectiva disciplina (neste caso, comum à disciplina de Ciências Físico-Químicas); no segundo, 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.

Um aspecto inovador patente nestes programas está na apresentação de *situações-problema* e nos *mapas e cartas de exploração*. A título exemplificativo, apresentam-se duas situações-problema das duas áreas de conhecimento dos programas,

respectivamente, da área da Geologia e da Biologia<sup>35</sup>:

- a) “Porque se extinguiram os dinossauros da face da Terra?”
- b) “Como explicar a grande diversidade dos seres vivos na natureza?”

As *situações-problema* constituem o ponto de partida para a construção do conhecimento científico e os *mapas e cartas de exploração* permitem visualizar o conhecimento substantivo como um corpo de conhecimentos coerente, em substituição de uma visão do conhecimento como um mero repositório de factos, conceitos e princípios. São as interrelações estabelecidas entre estas unidades conceptuais que atribuem significado ao conhecimento científico. A este propósito, vejamos o que dizem os autores dos programas:

“As várias situações-problema apresentadas ao longo do programa pretendem fornecer uma conexão lógica entre os diversos conteúdos conceptuais, possibilitando, em simultâneo, o desenvolvimento de formas de pensamento mais elaboradas.” (Amador *et al.*, 2001, p. 10)

“Cada um dos temas é apresentado por meio de: (...) uma carta de exploração geral, em que é delineada uma visão de conjunto dos assuntos abordados no tema, a sua sequência e a forma como a situação-problema se interrelaciona com os conteúdos programáticos, assumindo-se, deste modo, como unificadora de uma série de conteúdos programáticos” (Amador *et al.*, 2001, p. 19)

Por fim, uma nota acerca do papel que é preconizado para estes documentos oficiais no processo de ensino-aprendizagem. Os autores do documento “Ciências Físicas e Naturais – Orientações Curriculares do 3º Ciclo” tomam posição sobre este aspecto nas primeiras páginas de apresentação do documento. Atribuem, claramente, a este documento um papel orientador no processo de ensino-aprendizagem, expresso na sua própria designação, em detrimento de visões prescritivas que apontassem no sentido do cumprimento rígido das indicações nele incluídas:

“A designação ‘Orientações Curriculares’ aparece para dar ênfase às possibilidades de gestão de conteúdos e de implementação de experiências educativas, por parte dos

---

<sup>35</sup> Estes aspectos inovadores também poderão suscitar uma análise crítica. Embora esta análise não se inclua no âmbito deste estudo, considera-se relevante incluir uma pequena nota acerca da natureza das situações-problema. Constata-se que evidenciam uma focalização predominante no conhecimento substantivo, reforçada pela natureza das cartas de exploração, em detrimento de outras abordagens que, sem excluir esta, acentuem, de igual forma, a relação valores-conhecimento científico ou as interações Ciência-Tecnologia-Sociedade e tornem mais explícito o papel da natureza da Ciência.

professores, de acordo com alunos e contextos, diferenciados. (...) O currículo é o que professores e alunos vivem, pensando e resolvendo problemas sobre objectos e acontecimento tornados familiares. (...) Dá-se, assim, legitimidade ao conhecimento prático pessoal do professor, à gestão do conteúdo e ao seu papel como construtor do currículo” (Galvão, 2002, p. 5)

“Trata-se de propostas que podem ser seguidas, adaptadas ou substituídas por outras que professores entendam, de acordo com as características dos alunos e contextos educativos.” (Galvão, 2002, p. 6)

Neste pressuposto, detecta-se, implicitamente, a *reflexividade profissional* como uma componente central do papel do professor.

Na mesma linha de pensamento, estão os programas de Biologia e Geologia dos 10º e 11º anos de escolaridade. A gestão flexível dos programas é um pressuposto que está disperso pelas várias secções destes documentos. Apontam a definição e estruturação da abordagem das temáticas científicas como o principal foco de intervenção:

“Estes diferentes instrumentos auxiliares estão organizados de forma a que seja possível fazer leituras não lineares do programa, isto é, que os professores possam passar directamente para os assuntos que se lhes afigurem oportunos em determinado momento.” (Amador, 2001, p. 19)

“Esta opção [A secção **Desenvolvimento do Programa** inicia-se com um mapa geral de exploração. Nesse esquema as unidades de ensino têm por base situações-problema ou questões centrais que acentuam as suas possíveis interrelações e interdependências.] pretende contribuir para que a construção dos saberes dos alunos ocorra de modo contextualizado e, tanto quanto possível, relacionada com aspectos do dia-a-dia. Neste sentido, admite-se que os problemas e as questões apresentadas possam, eventualmente, ser substituídos por outros que professores e alunos considerem mais adequados face à singularidade contextual de cada escola e do seu meio envolvente.” (Amador, 2001, p. 69)

A reflexividade profissional está também implícita e associa-se ao desenvolvimento de uma *atitude investigativa*:

“Sugere-se que a partir das sugestões metodológicas apresentadas para cada tópico sejam elaborados materiais didácticos por equipas de professores, submetidos, depois de produzidos, a uma contrastação experimental que vise a sua avaliação e melhoria, adquirindo também, desta forma, o trabalho do professor uma componente de trabalho

cooperativo e investigativo.” (Amador, 2001, p. 13)

A utilização de termos/expressões como “exemplos”, “sugestões” e “a título ilustrativo” associada às opções exploradas nos documentos oficiais é uma marca que implicitamente transmite a ideia de gestão flexível.

### **3.3.2. Procedimento de recolha e análise de informação relativa aos documentos oficiais**

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

- a) definição das dimensões de análise da natureza da Ciência;
- b) identificação e categorização dos segmentos de texto relativos à natureza da Ciência em função das dimensões anteriormente definidas;
- c) validação da categorização dos segmentos de texto;
- d) categorização da bibliografia proposta nos documentos oficiais.

A primeira etapa, *Definição das dimensões de análise*, implicou considerar em simultâneo uma outra componente do estudo – a análise de manuais escolares. Esta exigência prendeu-se com a necessidade de criar uma estrutura de análise que possibilitasse a triangulação dos dados recolhidos nas várias fontes. Assim, 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 e das secções focalizadas em pressupostos pedagógicos subjacentes à construção dos manuais escolares, incluídas no manual do professor/guia do professor. 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 & 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. São as que também subjazem à análise dos manuais escolares e que foram definidas no quadro 3.1 da secção 3.2. Este quadro serve de grelha de análise dos documentos oficiais orientadores do processo de ensino-aprendizagem uma vez que nestes documentos identificam-se, através da análise de conteúdo, os segmentos de texto que correspondem aos atributos nele descritos.

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. 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 3.1). Posteriormente, procedeu-se à 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.

Nos quadros 3.3 e 3.4 apresentam-se alguns exemplos ilustrativos da categorização dos segmentos de texto alusivos à natureza da Ciência. O quadro 3.3

refere-se aos pressupostos gerais relativos à inclusão da natureza da Ciência no ensino-aprendizagem das Ciências.

**Quadro 3.3: Categorização de segmentos de texto acerca de pressupostos gerais do ensino-aprendizagem da natureza da Ciência, nos documentos oficiais (Exemplos)**

Segmentos de texto	DE	I	MD	RH
“Adquirir uma compreensão geral e alargada das ideias importantes e das estruturas explicativas da Ciência, bem como os <u>procedimentos da investigação científica</u> , de modo a <u>sentir confiança na abordagem de questões científicas e tecnológicas</u> ” (Currículo Nacional do Ensino Básico, p. 129 - SECCÃO: O papel das Ciências no currículo do ensino básico)	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> .” (Programa de Biologia e Geologia – 10º ano, p. 12 - SECCÃO: 1. Apresentação do Programa de Geologia (10º e 11º anos) – 1.5. Sugestões Metodológicas Gerais)				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.” (Programa de Biologia e Geologia – 10º ano, p. 43 - SECCÃO: 2. Desenvolvimento do programa – 2.2.3. – Doc.1. A Formação do Sistema Solar)			X	

**Nota:**

**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

No quadro 3.4 apresentam-se os exemplos relativos às dimensões da natureza da Ciência.

**Quadro 3.4: Categorização de segmentos de texto alusivos às dimensões da natureza da Ciência nos documentos oficiais (Exemplos)**

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 formas de trabalho de diferentes cientistas, <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> ” (Currículo Nacional do Ensino Básico, p. 133 - SECCÃO: Competências Específicas para a Literacia Científica dos Alunos no Final do Ensino Básico – Conhecimento e Ciências Físicas e Naturais - Orientações Curriculares - 3º Ciclo, p. 7 - SECCÃO: Competências Específicas para a Literacia Científica a desenvolver durante o 3º Ciclo)	X		X	X	X
“Reconhecer que o conhecimento científico está em <u>evolução permanente</u> , sendo um conhecimento <u>inacabado</u> .” (Currículo Nacional do Ensino Básico, p. 133 - SECCÃO: O papel das Ciências no currículo do Ensino Básico)				X	

**Quadro 3.4 (continuação): Categorização dos segmentos de texto alusivos às dimensões da natureza da Ciência nos documentos oficiais (exemplo)**

Segmentos de texto	PC	TO	EE	EC	CA
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> ” (Programa de Biologia e Geologia – 10º ano, p. 10 - 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...), geradores de controvérsias, que podem dificultar o estabelecimento de posições consensuais.</u> ” (Programa de Biologia e Geologia – 10º ano, p. 11 - SECCÃO: Unidade 7 - Evolução biológica)				X	X

**Nota:**

**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 natureza das actividades laboratoriais foi classificada em função do objectivo primordial subjacente à sua implementação – promoção do conhecimento substantivo, processual e epistemológico – em base na análise de conteúdo dos segmentos de texto que as apresentam. O quadro 3.5 apresenta alguns exemplos.

**Quadro 3.5: Exemplos de actividades laboratoriais sugeridas nos documentos oficiais**

Objectivo evidenciado	Segmentos de texto
Promoção da compreensão dos conhecimentos epistemológico e substantivo	“Sugere-se para este tema a realização de uma actividade experimental enquadrada por um episódio da história da Geologia” (Amador <i>et al.</i> , 2001, p. 31 - 10º ano - 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 & Amador, 2003, p. 7 – 11º ano – 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 <i>et al.</i> , 2002, p. 36 – 3º Ciclo – 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 desenvolvimento das plantas.” (Galvão <i>et al.</i> , 2002, p. 24 – 3º Ciclo – Ecossistemas)

A consecução da quarta etapa - *categorização da bibliografia* – exigiu a definição prévia de uma tipologia de áreas do saber passíveis de contribuir para o ensino das Ciências: Ciências Físicas e Naturais, História da Ciência, Didáctica das Ciências; Epistemologia da Ciência. No entanto, a análise dos documentos conduziu à definição de mais duas categorias: Sociocientífica e Política Educativa. Explicitam-se, em seguida, cada uma das categorias:

### **1. Ciências Físicas e Naturais**

Inclui bibliografia da área da Biologia e da Geologia e ainda bibliografia de áreas científicas afins, como a Física e a Química, que contribuem para a compreensão dos fenómenos geológicos e biológicos. A presença deste último tipo de bibliografia num contexto de Biologia e Geologia é considerada como mais um elemento que contribui para a visão da Ciência como um conhecimento/actividade de natureza interdisciplinar.

### **2. História da Ciência**

Engloba não só livros focalizados na historiografia da Ciência, mas também outro tipo de bibliografia que inclua dados relativos aos processos de descoberta ou que se focaliza na descrição/análise dos contextos de justificação e de descoberta. Assim, integra as biografias de Cientistas e obras como, por exemplo, «*A Dupla Hélice*» de James Watson (2003), «*A Origem das Espécies e a Selecção Natural*» de Charles Darwin (2003), «*Como vejo a Ciência, a Religião e o Mundo*» de Albert Einstein (2005) ou «*Escritos sobre o terramoto de Lisboa*» de Immanuel Kant (2005).

### **3. Didáctica das Ciências**

Integra bibliografia de âmbito geral e, em particular, focalizada na Natureza da Ciência. Esta última abarca obras centradas na explanação de quadros teóricos de natureza epistemológica estruturados com fins educativos e/ou na transposição desses mesmos quadros para o ensino das Ciências.

### **4. Epistemologia da Ciência**

Integra bibliografia centrada na discussão das várias correntes filosóficas, históricas e sociológicas acerca da natureza da Ciência.

## **5. Ciência e Sociedade**

Integra bibliografia focalizada na análise de assuntos que relacionam o conhecimento das áreas da Biologia e Geologia com contextos sociais, com o dia-a-dia do cidadão, com a História da Humanidade e com a adoção de atitudes relativas ao exercício da cidadania.

## **6. Política Educativa**

Integra documentos definidores da política educativa.

A análise da bibliografia permite identificar a existência ou não de referências que apoiem a operacionalização do ensino-aprendizagem da natureza da Ciência. Por outro lado, partindo do pressuposto de que a secção *bibliografia* exerce influência na pesquisa bibliográfica passível de integrar a actividade docente, a identificação do tipo de referências predominante pode constituir um indicador da área de conhecimento possivelmente mais valorizada pelos destinatários.

A categorização da bibliografia baseou-se em três fontes de informação: a) o conhecimento que o investigador tem do conteúdo de algumas obras; b) os comentários incluídos para cada obra nos programas de Biologia e Geologia dos 10º e 11º anos de escolaridade e c) os índices de algumas obras, consultados nos casos em que a informação obtida através de a) e b) era insuficiente.

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 – Biologia 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. No anexo 6 apresentam-se exemplos das categorizações intermédias e final.

### **3.4. Natureza da Ciência nos manuais escolares de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia**

Este subcapítulo inclui a caracterização do *corpus* de manuais escolares em estudo, a descrição dos procedimentos de recolha e análise de informação, dos procedimentos de validação da grelha de análise dos manuais escolares e da categorização da informação recolhida. O *corpus* de análise e os processos de investigação foram seleccionados em articulação com os objectivos que se pretendem atingir nesta componente do estudo:

- a) Identificar as imagens da natureza da Ciência veiculadas nos manuais escolares de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia;
- b) Avaliar o papel das variáveis “ano de escolaridade” e “conteúdo científico” nas imagens da natureza da Ciência veiculadas nos manuais escolares de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia;
- c) Analisar a articulação entre os programas curriculares e os manuais escolares de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia no domínio “natureza da Ciência”.

#### **3.4.1. Apresentação do *corpus* de análise dos manuais escolares**

Os objectivos definidos implicam que o *corpus* de análise inclua manuais dos vários anos de escolaridade. Assim, o *corpus* é constituído por cinco manuais:

- a) três de Ciências Naturais (3º ciclo do ensino Básico);
- b) dois de Biologia e Geologia (ensino Secundário).

Abarca os três anos do ensino Básico (7º, 8º e 9º) e apenas os dois primeiros anos do ensino Secundário (10º e 11º). As razões para a exclusão do 12º ano, último ano do ensino Secundário, foram já explanados no subcapítulo anterior aquando da apresentação do *corpus* dos documentos definidores do processo de ensino-aprendizagem sujeito a análise. Em síntese, prende-se com a diferente estruturação das disciplinas de Biologia e de Geologia deste ano de escolaridade e a correspondente de Biologia e Geologia dos anos anteriores, e com alguns condicionalismos para este

estudo decorrentes da entrada em vigor do novo programa apenas no ano lectivo de 2005/2006.

No mercado livreiro português, estão disponíveis vários manuais escolares de diferentes editoras para cada um dos anos de escolaridade do 3º ciclo do ensino Básico e do ensino Secundário. O quadro 3.6 mostra o número de manuais escolares disponíveis em função do ano de escolaridade e por editora.

**Quadro 3.6: Manuais escolares de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia disponíveis no mercado livreiro português em 2004/2005<sup>36</sup>**

Editora	Anos de escolaridade					Total
	7º	8º	9º	10º	11º	
<b>Areal Editores</b>	1	1	1	1	1	<b>5</b>
Asa Editores II	1	1	1	0	0	<b>3</b>
Editorial O Livro	1	0	0	0	0	<b>1</b>
Lisboa Editora	0	0	0	1	0	<b>1</b>
Plátano Editora	2	0	0	0	0	<b>2</b>
<b>Porto Editora</b>	2	2	2	1	1	<b>8</b>
Santillana - Constância	1	1	1	0	0	<b>3</b>
<b>Texto Editora</b>	2	2	2	0	0	<b>6</b>
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>29</b>

Constata-se que o número de manuais escolares disponíveis é significativamente maior para o ensino Básico do que para o ensino Secundário (82,8 % para 17,2 %). A «Porto Editora» e a «Texto Editora» são as editoras que apresentam um maior número de propostas para o 3º ciclo do ensino Básico. A «Porto Editora» e a «Areal Editores» são, das oito editoras, as únicas que também apresentam propostas para os dois primeiros níveis do ensino Secundário. Estes dados parecem evidenciar que as editoras «Areal Editores», «Porto Editora» e «Texto Editora» serão as que têm maior influência no ensino-aprendizagem das Ciências dos anos escolares considerados.

Determinou-se, ainda, a taxa de adopção dos manuais escolares nas escolas da área de abrangência da Direcção Regional de Educação do Norte (DREN). A focalização nesta área geográfica foi determinada pelos pressupostos adoptados na vertente deste estudo que analisa as percepções dos professores acerca da natureza da

<sup>36</sup> Os dados registados neste quadro resultaram da consulta da base de dados “Manuais Escolares – Listas de manuais disponíveis em 2004/2005” disponível no *site* da Direcção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular do Ministério da Educação (<http://www.dgidec.min-edu.pt/public/manuaislistas.asp>). Foram confirmados com a consulta dos dados disponíveis nos *sites* das editoras, à excepção da Editorial O Livro, por o respectivo *site* não estar acessível.

Ciência veiculada nos manuais escolares, conforme se explicita no subcapítulo 3.4. A obtenção destes dados passou por várias fases, desde a consulta a dois organismos do Ministério da Educação até à consulta da página na *internet* da Direcção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular (DGIDC) do Ministério da Educação. Numa primeira fase, os dados em questão foram solicitados à DREN. Esta informou que o pedido de informação deveria ser dirigido à DGIDG. O ofício endereçado a este último organismo ficou sem qualquer tipo de resposta até à presente data. Entretanto, tomou-se a decisão de consultar a página na *internet* da DGIDC que permitiu obter, simultaneamente, a indicação das escolas que poderiam ser seleccionadas para aplicação do questionário dirigido a professores (v. secção 3.5)<sup>37</sup>.

No quadro 3.7, especifica-se a frequência de adopção dos vários manuais escolares editados para cada ano de escolaridade, nas escolas da área de abrangência da DREN (os algarismos indicam o número de escolas).

**Quadro 3.7: Frequência de adopção dos manuais escolares na área de abrangência da DREN no ano lectivo de 2004/2005**

Manuais escolares / Editoras	Manuais/Anos de escolaridade				
	7º	8º	9º	10º	11º
<b>Descobrir a Terra</b> - Areal Editores	55	86	99	-----	-----
<b>Biologia e Geologia</b> - Areal Editores	-----	-----	-----	28	32
<b>Vita</b> - Asa Editores II	9	7	0	-----	-----
<b>Ciências Naturais</b> - Editorial O Livro	3	-----	-----	-----	-----
<b>Da Biologia e da Geologia</b> - Lisboa Editora	-----	-----	-----	1	-----
<b>Ecoterra</b> - Plátano Editora	1	-----	-----	-----	-----
<b>Bioterra</b> - Porto Editora	65	63	55	-----	-----
<b>Planeta Vivo/Terra, Universo de Vida</b> - Porto Editora	53	61	68	62	60
<b>Mundos</b> - Santillana/Constância	8	6	3	-----	-----
<b>Terra Mãe CN</b> - Texto Editora	30	25	20	-----	-----
<b>Eureka! CN</b> - Texto Editora	23	20	12	-----	-----

Os dados relativos à frequência de adopção corroboram a ideia atrás assinalada de que as editoras “Areal Editores” e “Porto Editora” são as que exercem maior influência no processo de ensino-aprendizagem das Ciências Naturais e da Biologia e Geologia.

Os manuais escolares seleccionados são os seguintes (anexo 1):

<sup>37</sup> Esta tarefa, além da natureza meramente rotineira de que se reveste, é bastante morosa dado que o *site* não permite definir critérios de selecção e obriga a que se consulte cada escola individualmente e, em cada uma, o acesso aos vários anos de escolaridade também é feito de forma independente. A obtenção destes dados tornou-se menos maçadora e muito mais rápida graças à colaboração dos professores *Sónia Vilela* e *Miguel Durães*, a quem se agradece o auxílio prestado.

- a) Planeta Vivo: Terra no espaço, Terra em transformação – 7º ano de escolaridade;
- b) Planeta Vivo: Sustentabilidade na Terra – 8º ano de escolaridade;
- c) Planeta Vivo: Viver melhor na Terra – 9º ano de escolaridade;
- d) Terra, Universo de Vida: Biologia e Geologia – 10º ano de escolaridade;
- e) Terra, Universo de Vida: Biologia e Geologia – 11º ano de escolaridade.

Estes manuais são editados pela *Porto Editora* e são da autoria da equipa constituída por *Amparo Dias da Silva*, *Fernanda Gramaxo*, *Maria Ermelinda Santos*, *Almira Fernandes Mesquita*, *Ludovina Baldaia* e *José Mário Félix*. O critério que presidiu à escolha dos manuais desta equipa assenta no facto de ser a única que publica manuais escolares para os vários anos de escolaridade do 3º ciclo do ensino Básico e do ensino Secundário. Estão também no conjunto dos manuais mais adoptados, com especial incidência no ensino Secundário.

Conforme já foi assinalado na secção 3.2, um dos juízes consultado pronunciou-se acerca da selecção da amostra de manuais escolares aquando da apreciação da grelha de análise dos mesmos. A opinião expressa focalizou-se na proposta inicial que assentava na análise de duas unidades didácticas em dois manuais escolares, de duas editoras, por cada ano de escolaridade, do 7º ao 12º ano. A sugestão apontada direccionou-se no sentido da redução do número de manuais escolares a analisar. Foi apontada a possibilidade de exclusão de manuais escolares do 12º ano de escolaridade por, neste nível de ensino, as áreas de conhecimento de Biologia e de Geologia integrarem disciplinas fisicamente separadas. Foi, ainda, apresentada uma proposta alternativa assente na análise comparativa de manuais escolares dos 10º e 11º anos de escolaridade de duas editoras. Uma outra opinião com pressupostos semelhantes a esta última surgiu no contexto do subgrupo da actividade profissional em que se insere o investigador. A proposta apontava no sentido de manter o conjunto de manuais escolares do 7º ao 11º ano e acrescentar a análise da unidade *Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente* em vários manuais do 7º ano de escolaridade por ser aquela que em todo o currículo do 3º ciclo do ensino Básico e do ensino Secundário enfatiza explicitamente a abordagem da natureza da Ciência através da temática *Ciência, produto da actividade Humana*. Embora se reconheça que estudos desta natureza poderiam evidenciar aspectos relevantes como a pluralidade de perspectivas de operacionalização da natureza da

Ciência, outros factores foram determinantes na reestruturação do *corpus* de manuais escolares definido na concepção original do projecto. A entrada em vigor da Reforma Curricular, com a conseqüente publicação de novos manuais escolares, foi um outro factor que conduziu à reestruturação do *corpus* de análise. Assim, tomaram-se as seguintes decisões:

- a) Pretendendo-se discutir as condições de uma abordagem diferenciada da natureza da Ciência ao longo dos vários anos de escolaridade, decidiu-se manter os manuais escolares dos vários anos (7º a 11º);
- b) Não se consideram os manuais escolares de 12º ano de escolaridade pelo motivo atrás apontado e pelas mesmas razões que presidiram à não selecção dos documentos oficiais orientadores do processo de ensino-aprendizagem da Biologia e Geologia no 12º ano de escolaridade (secção 3.2)
- c) A constatação de que a natureza da Ciência apresenta graus de operacionalização distintos nas várias unidades didácticas que corporizam um manual escolar implicou que se optasse pela análise da totalidade das unidades constituintes de cada manual. Neste sentido, o aumento do número de unidades didácticas foi compensado com a redução de manuais escolares através da exclusão de manuais publicados por outras editoras.
- d) Verificou-se a impossibilidade de manter constante a variável «autor» na selecção de manuais escolares dos vários anos de escolaridade pertencentes a duas editoras, por apenas existir uma única equipa de autores que publica para os vários anos do 3º ciclo do ensino Básico e do ensino Secundário. Assim, num dos conjuntos de manuais não seria possível contemplar um dos objectivos da investigação – a avaliação da influência da variável «nível de escolaridade» na operacionalização da natureza da Ciência.

Neste momento, passa-se a uma outra fase da apresentação do *corpus* de análise – a caracterização da estrutura dos manuais escolares em análise. Estes manuais são constituídos por quatro volumes:

1. Exemplar do professor – inclui o manual do aluno;
2. Manual do aluno;
3. Guia do professor;
4. Caderno de actividades (3º ciclo do ensino Básico) / Manual de auto-

avaliação (ensino secundário)

O exemplar do professor difere do manual do aluno apenas na inclusão de notas direccionadas exclusivamente para o professor. Estas notas, distribuídas ao longo do corpo do manual (Texto e Actividades de aprendizagem), explicitam alguns dos pressupostos em que assentam as opções tomadas pelos autores e apresentam algumas propostas de exploração didáctica de determinadas temáticas. Remetem ainda para o guia do professor sempre que consideram o quadro teórico que enforma o manual escolar como mais um elemento facilitador da compreensão das razões que subjazem às propostas incluídas. A título ilustrativo, apresentam-se dois exemplos dessas notas:

“O recurso à História da Ciência não representa para nós um fim, mas um meio especialmente apropriado para que os alunos conheçam não só o que é a Ciência, mas também como se contrói. Neste sentido, seleccionámos este episódio como particularmente interessante.” (Amparo *et al.*, 2002a, p. 19 – Manual do 7º ano)

“Sugere-se a exploração do texto “Evolucionismo e Criacionismo”, pág 167, e do documento “Os Meandros da Ciência”, incluído no Guia do Professor.” (Amparo *et al.*, 2004, p. 123 – Manual do 11º ano)

Cada manual do aluno é constituído por várias unidades temáticas, em conformidade com os documentos oficiais definidores do processo de ensino-aprendizagem de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia. Todas as unidades incluem um texto, intercalado com actividades de lápis e papel e com actividades laboratoriais e/ou de campo quando a temática o torna viável. Estas actividades de aprendizagem estão posicionadas antes do texto que se reporta ao conhecimento que exploram<sup>38</sup>.

Os guias do professor dos vários anos de escolaridade assentam numa matriz comum. No entanto, apresentam algumas diferenças que estão determinadas, essencialmente, pelo grau de aprofundamento de alguns pressupostos teóricos (quadro 3.8).

---

<sup>38</sup> Em algumas situações, a inclusão no texto localizado imediatamente a seguir às actividades, com informação explícita passível de dar a resposta às questões de interpretação que as integram, é justificada pelos autores com a necessidade de proporcionar, aos alunos que recorrem apenas ao manual escolar como elemento de estudo, informação que lhes permita avançar na resolução da actividade quando se deparam com dificuldades. Este pressuposto implica o reconhecimento pelo aluno do papel que assume na resolução da actividade e do momento em que é oportuno recorrer à informação textual (Informação complementar que emergiu no decorrer da entrevista aos autores).

**Quadro 3.8: Estrutura dos guias do professor**

Temáticas	Guias do professor				
	7º	8º	9º	10º	11º
Apresentação do guia do professor	X	*	X	*	*
Apresentação do manual do aluno	---	X	X	X	X
Quadro teórico					
- História e natureza da Ciência	X	+	---	*	---
- Perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade	X	X	---	*	---
- Fundamentos da construção e utilização do V de Gowin	---	X	---	X	*
- Fundamentos da construção e utilização de Mapas de Conceitos	---	X	---	X	*
Relação objectivos/actividades de aprendizagem propostas no manual do aluno	X	X	---	---	---
Algumas orientações de natureza didáctica					
- Processo de análise de um gráfico	X	---	---	---	---
- Exemplo da planificação de uma unidade temática	X	X	---	---	---
- Processo de estruturação de uma aula de campo	X	---	---	---	---
Materiais complementares (alguns acompanhados de propostas de exploração)					
- Transparências	X	X	---	X	---
- Actividades de lápis e papel	---	X	X	X	X
- V de Gowin	---	X	X	X	---
- Mapas de conceitos	X	X	X	X	X
Bibliografia	X	---	---	---	---

**Nota:** Xis (X) e asterisco (\*) indicam, respectivamente, maior e menor grau de aprofundamento da temática. O sinal + é usado para indicar que remete para o guia do professor do 7º ano de escolaridade.

O quadro 3.8 mostra que os autores perfilham os mesmos pressupostos teóricos para os dois níveis de escolaridade – 3º ciclo do Ensino Básico e ensino Secundário. No entanto, a ênfase que lhes é atribuída é diferente nos dois níveis de escolaridade. O quadro teórico com maior relevância para o presente estudo – *História e natureza da Ciência* – está descrito, principalmente, no 3º ciclo do ensino Básico. Neste nível de escolaridade, é no 7º ano que parece ter mais impacto, dado que é apenas no guia do professor deste ano que se encontra aprofundado, e pela sua inclusão no guia do professor do 8º ano estar limitada à proposta de consulta do guia do ano de escolaridade

anterior.

Os Cadernos de actividades do 3º ciclo e os Manuais de auto-avaliação do ensino Secundário são constituídos fundamentalmente por questões dirigidas à regulação da aprendizagem pelo próprio aluno. Diferem apenas na inclusão de uma síntese de conceitos fulcrais em cada unidade temática, presente nos manuais de 10º e 11º anos de escolaridade. Em ambos, as questões estão organizadas em duas secções:

- “*O que aprendi*”/“*Verifique se sabe*” - os autores, na apresentação destas secções, especificam que são constituídas por situações-problema/questões de natureza diferenciada e focalizadas na “*manipulação de conhecimentos básicos*”: “*Resolvê-las-á se tiver adquirido conhecimentos básicos sobre o tema*” (Silva *et al.*, 2004a, p. 2). O exemplo seguinte ilustra o tipo de questões incluídas nesta secção:

“1. Completa as frases que se seguem: (...) 1.2. Aristarco, três séculos antes de Cristo, tinha já proposto um modelo que admitia que todos os planetas giravam à volta do Sol. Era um modelo \_\_\_\_\_. Foi preciso esperar quase 2000 anos para que cientistas como \_\_\_\_\_ e, sobretudo, \_\_\_\_\_ voltassem a defender esta visão. Pode bem dizer-se que a Ciência é uma actividade humana que tem por vezes grandes retrocessos.” [7º ano] (Amparo *et al.*, 2002b, p. 6)

- “*Como aprendi*”/“*Mobilize o seu saber*” - os autores, na apresentação destas secções, clarificam que são constituídas por situações-problema/questões de natureza diferenciada e focalizadas na “*mobilização de competências mais complexas*”: “*Aceite o desafio de usar o que sabe, de treinar o pensamento e a capacidade de análise para aplicar os seus conhecimentos*” (Silva *et al.*, 2004a, p. 2). O exemplo seguinte ilustra o tipo de questões incluídas nesta secção:

“3. Em Maio de 1999 o presidente norte-americano, Bill Clinton, afirmou “Estaremos em Marte antes de 2019.” 3.1. Nesta frase torna-se evidente que a Ciência é permeável à sociedade. Fundamenta esta afirmação.” [7º ano] (Amparo *et al.*, 2002b, p. 9)

### **3.4.2. Procedimento de recolha e análise de informação relativa aos manuais escolares**

Esta componente do estudo compreende as tarefas que estão especificadas no quadro 3.9, em função dos objectivos que se pretende atingir.

O procedimento de recolha e análise de informação apresenta semelhanças com o seguido na componente do estudo centrada na identificação das imagens acerca da natureza da Ciência nos documentos oficiais orientadores do processo de ensino-aprendizagem de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia. O quadro teórico de referência e as dimensões de análise por ele determinadas (secção 3.1), bem como as dimensões referentes a pressupostos teóricos de carácter geral acerca da importância da natureza da Ciência no ensino das Ciências e das suas possíveis formas de operacionalização (secção 3.2.2) são os mesmos.

**Quadro 3.9: Relação objectivos/tarefas na análise das imagens da natureza da Ciência nos manuais escolares**

Objectivos	Tarefas
<p>Identificar os pressupostos que subjazem às opções tomadas pelos autores na operacionalização da natureza da Ciência.</p> <p>Identificar a imagem de Ciência patente no quadro teórico que enforma a construção do manual escolar.</p>	<p>Categorização dos segmentos de texto em função das seguintes dimensões: (<i>corpus</i>: manual do professor e guia do professor)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Natureza da Ciência como uma componente da Educação em Ciências;</li> <li>- Contributo da natureza da Ciência na formação do indivíduo;</li> <li>- Abordagens para a promoção da compreensão da natureza da Ciência;</li> <li>- Processo de Criação Científica;</li> <li>- Contexto da Actividade Científica;</li> <li>- Estatuto da Teoria e da Observação;</li> <li>- Evolução do Conhecimento Científico;</li> <li>- Estatuto Epistemológico do Conhecimento Científico.</li> </ul>
<p>Identificar as actividades de aprendizagem intencionalmente dirigidas para a compreensão da natureza da Ciência.</p>	<p>Levantamento das actividades de aprendizagem que incluem questões explicitamente dirigidas para a análise de informação relativa à natureza da Ciência. (<i>corpus</i>: manual do professor)</p>
<p>Identificar a imagem da natureza da Ciência veiculada no manual do aluno;</p> <p>Avaliar o papel das variáveis «ano de escolaridade» e «conteúdo científico» nas imagens da natureza da Ciência veiculadas nos manuais escolares;</p> <p>Analisar a articulação entre os programas curriculares e os manuais escolares.</p>	<p>Categorização dos segmentos de texto referentes à natureza da Ciência em função das orientações positivista e pós-positivista e de acordo com as seguintes dimensões: (<i>corpus</i>: manual do professor)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Processo de Criação Científica;</li> <li>- Contexto da Actividade Científica,</li> <li>- Estatuto da Teoria e da Observação,</li> <li>- Evolução do Conhecimento Científico</li> <li>- Estatuto Epistemológico do Conhecimento Científico</li> <li>- Imagem do Cientista.</li> </ul>

**Quadro 3.9 (continuação): Relação objectivos/tarefas na análise das imagens da natureza da Ciência nos manuais escolares**

Objectivos	Tarefas
Identificar a valorização atribuída à natureza da Ciência na auto-avaliação da aprendizagem.	Categorização das questões de auto-avaliação de acordo com a tipologia: ( <i>corpus</i> : manual do professor e caderno de actividades/manual de auto-avaliação) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Avaliação centrada na natureza da Ciência;</li> <li>- Avaliação centrada em temáticas sociocientíficas;</li> <li>- Avaliação centrada no conhecimento específico da Biologia e Geologia.</li> </ul>
Identificar o tipo de bibliografia sugerida.	Classificação da bibliografia de acordo com a tipologia: ( <i>corpus</i> : manual do professor e guia do professor) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ciências Físicas e Naturais;</li> <li>- História da Ciência;</li> <li>- Didáctica das Ciências;</li> <li>- Epistemologia da Ciência.</li> <li>- Ciência e Sociedade</li> </ul>

A construção da grelha de análise de manuais escolares com o objectivo de identificar a imagem de Ciência por eles veiculada compreendeu as seguintes fases:

- a) Elaboração de uma primeira versão da grelha de análise de manuais escolares;
- b) Sujeição da grelha à apreciação de especialistas;
- c) Reformulação e aplicação da grelha.

Considera-se como grelha o conjunto formado pelos quadros que especificam os atributos das dimensões consideradas (quadros 3.1 e 3.2 na secção 3.2) e os quadros que enumeram os indicadores passíveis de traduzirem esses atributos nos manuais escolares (anexo 2). A organização destes últimos quadros articula-se com a organização dos quadros 3.1 e 3.2. Assim, estrutura-se nas seis dimensões já definidas na secção 3.1. Para cada uma são apresentados os indicadores de orientações positivista e pós-positivista. Estes, em cada dimensão, estão ainda distribuídos por três secções, correspondentes às que corporizam os manuais escolares: *Texto*, *Actividades de Lápis e Papel* e *Actividades Laboratoriais*. Pretende-se com esta subdivisão analisar o papel destas secções na imagem da natureza da Ciência veiculada nos manuais escolares.

Os indicadores estão agrupados em função do grau de explicitação que a natureza da Ciência pode assumir nos manuais escolares. Recorreu-se a três tipos de indicadores para traduzir o diferente grau de explicitação: «Refere», «Ilustra» e «Sugere». Os

indicadores do tipo «Refere» são os que permitem a identificação de segmentos de texto em que são enumerados os atributos da natureza da Ciência. Os indicadores do tipo «Ilustra» permitem a identificação de elementos/episódios de natureza histórica, exemplificativos dos vários atributos da natureza da Ciência. Os indicadores do tipo «Sugere» são aqueles que assinalam o menor grau de explicitação, permitem identificar segmentos de texto que implicitamente traduzem atributos da natureza da Ciência. O quadro 3.10 mostra exemplos de segmentos de texto ilustrativos dos tipos de indicadores assinalados, encontrados em vários manuais escolares (incluindo outros para além dos que integram o *corpus* de análise do presente estudo).

**Quadro 3.10: Categorização de segmentos de texto dos manuais escolares, de acordo com os indicadores da natureza da Ciência (Exemplos)**

Indicadores	Segmentos de texto
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Refere o carácter dinâmico da Ciência</li> <li>- Refere influência do contexto tecnológico</li> <li>- Sugere uma imagem atórica de Ciência</li> </ul>	<p>“(…) Os cientistas admitem que <u>esta constituição do Globo Terrestre poderá ser reformulada. Os dados fornecidos pela tecnologia</u>, que não pará de avançar, <u>poderão mostrar um dia que esta concepção não está totalmente correcta.</u>” (Antunes, Bispo &amp; Guindeira, 2003, p. 169 – 7º ano; sublinhado nosso)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Refere a observação como um processo de produção do conhecimento</li> <li>- Sugere uma imagem atórica de Ciência</li> </ul>	<p>“Dos meios de observação utilizados pelos investigadores para um maior conhecimento da estrutura interna da Terra salientam-se os meios directos, que permitem <u>concluir directamente a partir da observação.</u>” (Motta &amp; Viana, 2002, p. 119 – 7º ano; sublinhado nosso)</p>
<p>Ilustra o carácter dinâmico da Ciência</p>	<p>- “No princípio do século XX, havia geólogos que admitiam que os <u>continentes e os oceanos se mantinham do mesmo modo desde que tinham surgido.</u> Outros afirmavam que os <u>continentes experimentaram movimentos ao longo da História da Terra.</u>” (Silva et al., 2002, p. 100 – 7º ano; sublinhado nosso)</p>
<p>Ilustra o carácter dinâmico da Ciência</p>	<p>- “Q1 - Qual das gravuras ilustra a teoria: 1.1. <u>geocêntrica</u>, 1.2. <u>heliocêntrica</u>?. Q2: Escolhe os argumentos que pertencem à teoria: 2.1. <u>geocêntrica</u>, 2.2. <u>heliocêntrica</u>?” (Motta &amp; Viana, 2002, p. 32 – 7º ano – Actividade: “Teoria geocêntrica versus teoria heliocêntrica”; sublinhado nosso)</p>
<p>Propõem a realização de actividades laboratoriais sugestivas da pluralidade metodológica</p>	<p>- “<u>Realize um trabalho laboratorial</u> de modo a colher dados para responder ao problema proposto no V de Gowin.” (Silva et al., 2004, p. 59 – Situação B do Trabalho prático 5: “Estará a porosidade das areias relacionadas com a granularidade e com o grau de granotioragem?” – 11º ano, Geologia; sublinhado nosso)</p>

A análise de conteúdo permitiu identificar os temas que exploram a natureza da

Ciência e, dentro destes, identificar e categorizar os segmentos de texto que traduzem as dimensões da natureza da Ciência. No final, procedeu-se à contabilização, para cada dimensão, dos temas e dos respectivos segmentos de texto com o intuito de identificar o grau de incidência das dimensões e posicionar o manual escolar em relação à natureza da Ciência.

A penúltima fase da análise dos manuais escolares tem como objectivo a recolha de mais um elemento indicador da valorização atribuída à natureza da Ciência na aprendizagem dos alunos. Toma como objecto de análise as secções constituídas por questões de auto-avaliação da aprendizagem propostas no manual escolar (professor/aluno) e no caderno de actividades/manual de auto-avaliação (v. secção 3.4.1). A consecução desta etapa exigiu a definição de uma tipologia de análise. Esta emergiu da identificação do enfoque das questões de auto-avaliação. Assim, definiram-se as três categorias de análise, mutuamente exclusivas, que a seguir se explicitam:

### **1. Avaliação centrada na natureza da Ciência**

Inclui as questões focalizadas nos processos envolvidos na construção do conhecimento e nas características da Ciência decorrentes da aplicação desses processos.

### **2. Avaliação centrada em assuntos de cariz Sociocientífico**

Engloba as questões focalizadas em abordagens que relacionam o conhecimento das áreas da Biologia e Geologia com contextos sociais, com o dia-a-dia do cidadão, com a História da Humanidade e com a adopção de atitudes.

### **3. Avaliação centrada no conhecimento específico da Biologia e Geologia**

Integra as questões que incidem apenas no conhecimento substantivo das áreas da Biologia e da Geologia.

O maior grau de incidência de uma categoria em relação às outras indica a imagem de Ciência passível de ser induzida. A focalização predominante no conhecimento substantivo (3ª categoria) é um indicador sugestivo da Ciência como um mero repositório de factos, conceitos e princípios.

No quadro 3.11 exemplifica-se a aplicação da tipologia acima explicitada a algumas questões de auto-avaliação da aprendizagem.

**Quadro 3.11: Exemplificação da categorização das questões de auto-avaliação incluídas no manual escolar e no caderno de actividades/manual de auto-avaliação**

Secção dos manuais	Categorias	Exemplos de questões
“O que aprendi” / “Verifique se sabe”	NC	“4. Quem sou eu? Escreve o termo que corresponde a cada uma das seguintes afirmações: 4.1. actividade humana que constrói explicações acerca do mundo natural.” (Silva <i>et al.</i> , 2002c, p. 7)
	SC	“O uso dos recursos que permitem satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas necessidades constitui a base de um ___A___ ___B___” (Silva <i>et al.</i> , 2003a, p. 147)
	BG	“1. Complete as frases que se seguem, fazendo corresponder às letras os termos adequados. (...) 1.5. A diferenciação do planeta terra resultou de três fontes de energia calorífica resultante do impacto de ___A___, da compressão e da presença de ___B___.” (Silva <i>et al.</i> , 2003a, p. 135)
“Como aprendi” / “Mobilize o seu saber”	NC	“3. Em Maio de 1999 o presidente norte-americano, Bill Clinton, afirmou: ‘Estaremos em Marte antes de 2019’. 3.1. Nesta frase torna-se evidente que a Ciência é permeável à sociedade. Fundamenta esta afirmação.”(Silva <i>et al.</i> , 2002c, p. 9)
	SC	“4. Actualmente os seres humanos habitam dois mundos: o mundo natural (plantas, animais, solo, ar e água) que herdamos e do qual fazemos parte e o mundo das instituições e dos produtos que criamos graças à ciência e á tecnologia. Ambos são importantes, mas integrar os dois é difícil. 4.1. Por que razão os produtos tecnocientíficos ‘criaram outro mundo’?” (Silva <i>et al.</i> , 2003c, p. 46)
	BG	“2. Uma cultura de bactérias foi mantida por muitas gerações num meio que continha como única fonte de nitrogénio o isótopo N <sup>15</sup> , o qual se incorporou na molécula de DNA. Essas bactérias foram transferidas para um meio de cultura que continha N <sup>14</sup> como única fonte de nitrogénio. Nesse novo meio, as bactérias multiplicaram-se apenas uma vez. 2.1. No final da experiência referida, qual a percentagem de moléculas de DNA que possui uma hélice com N <sup>15</sup> e outra com N <sup>14</sup> ? 2.1.1. Fundamente a resposta.” (Silva <i>et al.</i> , 2004a, p. 61)

A última fase desta componente do estudo incidiu na análise da bibliografia sugerida nos manuais escolares. O objectivo, o pressuposto, a tipologia de análise e o processo de classificação foram os seguidos na análise desta mesma componente nos documentos oficiais orientadores do processo de ensino-aprendizagem das Ciências Naturais/Biologia e Geologia (v. secção 3.3.2).

### **3.5. Perspectivas dos professores sobre a natureza da Ciência nos manuais escolares de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia**

Neste subcapítulo, especificam-se os critérios que presidiram à selecção dos professores participantes no estudo e apresenta-se o percurso metodológico seguido, desde a construção do instrumento de investigação até ao tratamento dos dados resultantes da sua implementação. O objectivo desta componente do estudo foi *“Identificar as percepções dos professores sobre as imagens da natureza da Ciência veiculadas nos manuais escolares de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia”*, tendo-se recorrido ao método de inquérito por questionário.

#### **3.5.1. Professores envolvidos no estudo**

A escolha do *corpus* de manuais escolares a analisar determinou a selecção dos professores a integrar a amostra. São professores de Biologia e Geologia (11º Grupo B) que estão a leccionar no 3º ciclo do ensino Básico e/ou no ensino Secundário, distribuídos pelos vários anos de escolaridade. Participaram no estudo 111 professores que, no ano lectivo de 2005/2006, estavam a utilizar, pelo menos pela segunda vez, aqueles manuais escolares, ou que já os haviam usado anteriormente e se sentiam suficientemente familiarizados e capazes de responder ao questionário. Saliente-se que, nas instruções incluídas na nota de apresentação do questionário, é especificado que este se dirige a professores que estejam a utilizar os manuais em questão pela segunda vez. No entanto, alguns professores que não satisfaziam este requisito mas que sentiam reunir condições para responder ao questionário estabeleceram contacto com o investigador de forma a averiguarem da possibilidade ou não de colaborarem.

No quadro 3.12, especifica-se o número de professores que potencialmente poderiam responder ao questionário (QD: questionários distribuídos), o número de professores que efectivamente respondeu (questionários respondidos) e o número de

professores que não respondeu (QNR: questionários não respondidos). Indica-se ainda na coluna VAn, dos questionários respondidos, o número de respondentes que assinalaram mais do que um ano de escolaridade. Esta ocorrência determinou a eliminação das respostas à questão 1 uma vez que esta exige a focalização num único manual escolar. No entanto, este facto não tem qualquer influência nas restantes questões, dado o seu grau de abrangência. O quadro apresenta a distribuição do número de respondentes em função do ano de escolaridade do manual em que focalizaram a resposta, do tipo de escola a que pertencem e do centro da área educativa em que esta se integra.

**Quadro 3.12: Indicação do número de questionários respondidos e não respondidos por CAE**

Escolas		QD	Questionários respondidos							QNR
Tipo	(f)		VAn	7°	8°	9°	10°	11°	Total	
<b>Braga</b>										
EB2,3	7	18	0	5	1	6	0	0	12	6
EB2,3/S + ES/3	8	24	4	2	3	0	7	2	18	6
<i>Subtotal</i>	15	42	4	7	4	6	7	2	30	12
<b>Viana do Castelo</b>										
EB2,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EB2,3/S + ES/3	7	26	0	2	2	3	8	5	20	6
<i>Subtotal</i>	7	26	0	2	2	3	8	5	20	6
<b>Porto</b>										
EBI e EB2,3	5	13	4	4	1	3	0	0	12	1
ES/3	2	12	0	0	0	0	5	2	7	5
<i>Subtotal</i>	7	25	4	4	1	3	5	2	19	6
<b>Entre Douro e Vouga</b>										
EB2,3	7	16	0	4	5	5	0	1	15	1
ES/3 + ES	5	24	2	0	1	3	5	6	17	2
<i>Subtotal</i>	12	40	2	4	6	8	5	7	32	3
<b>Tâmega</b>										
EB2,3	1	2	0	0	2	0	0	0	2	0
ES/3	2	10	0	2	1	1	2	2	8	2
<i>Subtotal</i>	3	12	0	2	3	1	2	2	10	2
<b>TOTAL</b>	<b>44</b>	<b>145</b>	10	19	16	21	27	18	111	34

**Legenda:**

QD: Número de questionários distribuídos.

QNR: Número de questionários não respondidos. As razões indicadas são a falta de familiarização com o manual escolar/utilização pela primeira vez e a falta de disponibilidade decorrente do envolvimento em tarefas de gestão escolar.

VAn: Número de questionários em que os sujeitos assinalaram mais do que um ano de escolaridade pelo que só são consideradas as respostas às perguntas de resposta aberta e eliminada a resposta à questão 1.

Tipo de escolas: EBI – Escola Básica Integrada; EB2,3 – Escola Básica dos 2º e 3º ciclos; EB2,3/S – Escola Básica dos 2º e 3º ciclos com ensino Secundário; ES/3 – Escola Secundária com 3º ciclo; ES – Escola Secundária.

Os professores contactados são aqueles que estão a exercer a actividade

profissional em escolas que adoptaram os manuais escolares em questão. A identificação destas escolas efectuou-se através da consulta da página da Direcção-Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular do Ministério da Educação na *internet* (<http://www.dgdc.min-edu.pt/>). Este site disponibiliza a base de dados “Manuais Escolares – Adopção On-line de Manuais” através do link “Acesso à Base de Dados pelo Público em Geral” ([http://www.dgdc.min-edu.pt/man\\_pub/pesquisa.asp](http://www.dgdc.min-edu.pt/man_pub/pesquisa.asp)) que permite obter a indicação dos manuais escolares adoptados num determinado estabelecimento de ensino.

A área definida é a área de abrangência da Direcção Regional de Educação do Norte, uma vez que é com este organismo que a instituição a que o investigador está vinculado – Universidade do Minho - mantém colaboração no âmbito da formação inicial de professores. A selecção das escolas seguiu um critério de conveniência assente em duas condições: (a) facilidade de contacto com algumas escolas, determinada pelas relações de cooperação e amizade do investigador com alguns professores nelas colocados e (b) facilidade de deslocação do investigador determinada pelas suas áreas de trabalho e de residência.

O quadro 3.12 mostra que a taxa de retorno é de 76,6 %, ou seja, responderam 111 professores dos 145, distribuídos por 44 escolas.

### **3.5.2. Procedimento de recolha e análise de informação sobre a percepção dos professores**

O objectivo definido para esta componente do estudo determinou a escolha do questionário como instrumento de investigação. A construção do questionário decorreu em quatro fases:

- a) Elaboração de uma versão inicial do questionário;
- b) Sujeição desta versão à apreciação de especialistas;
- c) Pilotagem da primeira versão reformulada, com indivíduos semelhantes aos da população-alvo;
- d) Redacção da versão final.

O questionário é constituído por quatro questões: uma de resposta fechada e três

de resposta aberta (anexo 3).

A primeira questão inclui 19 itens correspondentes a características da natureza da Ciência passíveis de estarem incorporadas nos manuais escolares. Solicita o posicionamento do professor em relação à percepção da presença das várias dimensões da natureza da Ciência nos manuais escolares e à importância que atribui à influência da presença/ausência de cada dimensão na aprendizagem dos alunos. Recorre-se, para a primeira situação, a uma escala com três opções de resposta – *Presente / Ausente / Sem Opinião* - e, para a segunda situação, a uma escala constituída por quatro opções de resposta – *Influência Positiva / Influência Negativa / Influência Nula / Sem Opinião*. A indicação de «*Sem Opinião*» na primeira escala implica a indicação da mesma opção na segunda escala.

Os 19 itens contemplam as várias dimensões definidas nos quadros 3.1 e 3.2. – “Processo de Criação Científica”, “Estatuto da Teoria e da Observação”, “Estatuto Epistemológico do Conhecimento Científico”, “Evolução do Conhecimento Científico”, “Contexto da Actividade Científica” e “Imagem do Cientista”. O quadro 3.13 mostra o modo como se agrupam e especifica, para cada dimensão, os enfoques considerados.

**Quadro 3.13: Questionário dirigido aos professores - dimensões/enfoques da pergunta 1**

Dimensão/Enfoque	Itens da pergunta 1 do questionário dirigido a professores
<b>Visão global de Ciência</b>	
Ciência como um produto ou como uma actividade	<b>Item 14:</b> O manual escolar atribui maior relevo aos produtos da Ciência (factos, conceitos, teorias) do que aos processos envolvidos na sua construção. ( <i>Orientação Positivista</i> )
<b>“Processo de Criação Científica”</b>	
Método científico único vs pluralidade metodológica	<p><b>Item 1:</b> O manual escolar mostra a investigação científica como uma actividade assente apenas num método baseado na observação e na experimentação. (<i>Orientação Positivista</i>)</p> <p><b>Item 6:</b> O manual escolar assinala a criatividade, a imaginação, o espírito crítico e a intuição como processos utilizados pelos cientistas na investigação científica. (<i>Orientação Pós-positivista</i>)</p>

**Quadro 3.13 (continuação): Questionário dirigido aos professores - dimensões/enfoques da pergunta 1**

Dimensão/Enfoque	Itens da pergunta 1 do questionário dirigido a professores
<b>Visão global de Ciência</b>	
Procedimento metodológico linear vs sinuoso	<p><b>Item 12:</b> As actividades laboratoriais, incluídas no manual escolar, sugerem o trabalho dos cientistas como uma actividade assente num procedimento metodológico, de natureza linear e sequencial, em que a partir da observação de factos se constroem as teorias. <i>(Orientação Positivista)</i></p> <p><b>Item 18:</b> O manual escolar acentua o papel das interacções entre as teorias, os objectivos e os procedimentos envolvidos nos processo de investigação científica. <i>(Orientação Pós-positivista)</i></p>
Papel da experimentação vs papel da comunidade científica na validação do conhecimento científico	<p><b>Item 17:</b> As actividades laboratoriais, incluídas no manual escolar, sugerem a experimentação como o critério que permite a validação/certificação do conhecimento científico. <i>(Orientação Positivista)</i></p> <p><b>Item 8:</b> O manual escolar aponta a experimentação como o critério que permite a validação/certificação do conhecimento científico produzido numa dada época. <i>(Orientação Positivista)</i></p> <p><b>Item 2:</b> O manual escolar assinala a validação/certificação do conhecimento científico como um processo complexo que envolve discussão/negociação/consenso entre os cientistas da comunidade científica da época. <i>(Orientação Pós-positivista)</i></p>
<b>“Estatuto da Teoria e da Observação”</b>	
Influência da teoria na observação	<b>Item 16:</b> O manual escolar assinala a influência dos conhecimentos científicos e da experiência profissional do cientista no processo de observação. <i>(Orientação Pós-positivista)</i>
Influências mútuas teoria-observação	<b>Item 10:</b> O manual escolar acentua o papel das interacções entre as teorias e as observações na construção do conhecimento científico. <i>(Orientação Pós-positivista)</i>
<b>“Estatuto Epistemológico do Conhecimento Científico”</b>	
Valorização do conhecimento científico face a outras formas de conhecimento	<b>Item 11:</b> O manual escolar dá relevância a outras áreas do conhecimento que geralmente não são consideradas como científicas (Filosofia, Religião, Arte, etc.). <i>(Orientação Pós-positivista)</i>
<b>“Evolução do Conhecimento Científico”</b>	
Carácter estático vs carácter dinâmico do conhecimento científico	<b>Item 5:</b> O manual escolar mostra o conhecimento científico como um conjunto de verdades absolutas, um saber de carácter estático e imutável. <i>(Orientação Positivista)</i>
Modelo de progresso científico	<b>Item 19:</b> O manual escolar mostra a evolução do conhecimento científico como o resultado de avanços e recuos (processo não linear), no seio do qual há lugar a controvérsias. <i>(Orientação Pós-positivista)</i>

**Quadro 3.13 (continuação): Questionário dirigido aos professores - dimensões/enfoques da pergunta 1**

Dimensão/Enfoque	Itens da pergunta 1 do questionário dirigido a professores
<b>“Contexto da Actividade Científica”</b>	
Natureza interdisciplinar da actividade científica	<b>Item 15:</b> O manual escolar veícula uma imagem da investigação científica como um trabalho de equipa. ( <i>Orientação Pós-positivista</i> )
Influência do contexto social da época	<b>Item 9:</b> O manual escolar mostra a investigação científica como uma actividade sujeita às influências económicas, políticas, religiosas, etc., do contexto social da época. ( <i>Orientação Pós-positivista</i> )
<b>“Imagem do Cientista”:</b>	
Estatuto do cientista	<b>Item 4:</b> O manual escolar acentua uma visão gloriosa e heróica dos cientistas. ( <i>Imagem geralmente associada a uma perspectiva de Ciência de “Orientação Positivista”</i> )
Papel da mulher na actividade científica	<b>Item 7:</b> O manual escolar mostra a investigação científica como uma actividade realizada essencialmente por homens. ( <i>Imagem geralmente associada a uma perspectiva de Ciência de “Orientação Positivista”</i> )
Visão humanizada do cientista	<b>Item 13:</b> O manual escolar dá uma imagem do cientista como um cidadão, integrado num meio familiar, cultural e político. ( <i>Imagem geralmente associada a uma perspectiva de Ciência de “Orientação Pós-positivista”</i> )
Visão não elitista do cientista	<b>Item 3:</b> O manual escolar mostra a investigação científica como uma actividade realizada por cientistas de diferentes raças. ( <i>Imagem geralmente associada a uma perspectiva de Ciência de “Orientação Pós-positivista”</i> )

No quadro 3.14 especificam-se os objectivos que subjazem às três questões de resposta aberta que integram o questionário.

**Quadro 3.14: Relação objectivos/questões de resposta aberta no questionário dirigido a professores**

OBJECTIVOS	QUESTÃO
Identificar a visão dos professores sobre o papel que devem desempenhar na apropriação do manual escolar.	2. Que papel devem ter os Professores na interpretação e utilização do manual escolar?
Identificar, na óptica dos professores, o contributo da investigação incidente em manuais escolares.	3. Que contributo pode ter a investigação sobre os manuais escolares (como é o caso deste estudo) no ensino das Ciências?
Identificar percepções dos professores acerca da operacionalização da natureza da Ciência nos manuais escolares.	4. Se desejar, inclua outros comentários acerca da abordagem da natureza da Ciência no manual escolar que considere relevantes e que não são contemplados nas perguntas já efectuadas.

Estas questões são comuns ao questionário dirigido a autores.

O tratamento das respostas às questões 2, 3 e 4 efectuou-se a partir de dimensões emergentes da análise de conteúdo das respostas. Assim, relativamente à questão 2 – *papel a assumir pelos professores na utilização e interpretação do manual escolar* -

foram criadas as seguintes dimensões:

1. Encarar o manual escolar como um guia, determinante da configuração do processo de ensino-aprendizagem
  - 1.1. O manual escolar determina os conteúdos a abordar
  - 1.2. O manual escolar determina as tarefas a implementar
2. Utilizar o manual escolar, em conjugação com outros materiais, como um suporte à estruturação do processo de ensino-aprendizagem
3. Assumir a responsabilidade pela estruturação do processo de ensino-aprendizagem
  - 3.1. Definir a sequência de abordagem dos conteúdos mais adequada aos alunos
  - 3.2. Definir o nível de formulação dos conteúdos e/ou adaptá-los em função das características do grupo-turma
  - 3.3. Adequar a utilização do manual escolar à especificidade de cada turma
  - 3.4. Seleccionar as tarefas a implementar nas aulas
  - 3.5. Complementar a informação existente no manual escolar e colmatar lacunas existentes
4. Indicar aos alunos a informação considerada mais relevante em cada tópico programático
5. Promover/orientar a interpretação do manual escolar pelos alunos
  - 5.1. Promover a distinção entre informação essencial e acessória
  - 5.2. Orientar a interpretação de esquemas, gráficos, imagens e/ou actividades de aprendizagem
  - 5.3. Promover a análise da estrutura do manual escolar
  - 5.4. Sem especificar o enfoque
6. Promover/incentivar a utilização do manual escolar pelos alunos
7. Promover/incentivar a utilização do manual escolar pelos alunos e consciencializá-los para a importância de recorrer a outras fontes de informação
8. Avaliar o manual escolar
  - 8.1. Identificar vantagens/desvantagens da sua utilização
  - 8.2. Analisar a veracidade e/ou actualidade da informação

- 8.3. Analisar a adequação do manual escolar às finalidades do ensino das Ciências
- 8.4. Sem especificar o enfoque
- 9. Resposta sem relação com a pergunta/Difícil compreensão da relação da resposta com a pergunta
- 10. Não respondeu

Quanto à questão 3 – *contributo da investigação sobre manuais escolares no ensino das Ciências* - definiram-se as seguintes dimensões:

- 1. Contributos de âmbito alargado (incidência múltipla)
  - 1.1. Melhorar/Valorizar o uso do manual escolar no ensino das Ciências
  - 1.2. Alertar/salientar erros e omissões
  - 1.3. Sugerir actividades de aprendizagem
  - 1.4. Adaptar os manuais escolares às características dos alunos
- 2. Contributos para a construção dos manuais escolares (focalização nos autores e/ou editoras)
  - 2.1. Incrementar a qualidade dos manuais escolares
    - 2.1.1. Assegurar o rigor científico da informação
    - 2.1.2. Atribuir maior ênfase à natureza da Ciência
    - 2.1.3. Veicular uma imagem da natureza da Ciência consentânea com perspectivas actuais
    - 2.1.4. Incluir de questões/problemáticas científicas actuais
    - 2.1.5. Aperfeiçoar a estrutura/organização do manual escolar
    - 2.1.6. Incrementar a adequação dos manuais escolares aos alunos, às finalidades do ensino das Ciências e/ou às exigências da sociedade actual
    - 2.1.7. Tornar os manuais escolares mais apelativos
- 3. Contributos para a utilização do manual escolar pelos professores
  - 3.1. Ajudar os professores na selecção/adopção de manuais escolares
  - 3.2. Ajudar os professores na exploração do manual escolar
  - 3.3. Incluir informação relevante para o professor no manual do professor
- 4. Pouco ou nenhum contributo
  - 4.1. Não são especificadas as razões

- 4.2. Ideia emergente da percepção da diminuta inovação que os manuais escolares têm apresentado ao longo dos tempos
5. Dificil compreensão da relação da resposta com a pergunta
6. Não respondeu

Relativamente à questão 4 – *comentários acerca da operacionalização da natureza da Ciência não contemplados nas outras questões* - definiram-se as seguintes dimensões de análise:

1. Atribuir maior relevo à natureza da Ciência
  - 1.1. Aprofundar a informação acerca do significado atribuído a “Ciência”
  - 1.2. Aprofundar a informação acerca dos processos envolvidos na construção do conhecimento científico
  - 1.3. Incluir informação referente a investigações da actualidade e realizadas em Portugal
  - 1.4. Referir os insucessos experienciados pelos cientistas nas investigações
  - 1.5. Referir os embustes
2. Explorar a ligação entre a Ciência e o quotidiano do cidadão
3. Operacionalizar a natureza da Ciência através de estratégias de natureza diversificada
4. Enumerar fontes de informação complementares que permitam aceder a informação científica recente
5. O manual escolar induz imagens acerca da natureza da Ciência que se afastam da realidade
6. A extensão dos programas dificulta a abordagem de outras vertentes da educação em Ciências para além do conhecimento substantivo
7. Referência a aspectos que não estão relacionados com a operacionalização da natureza da Ciência/Difícil compreensão da relação da resposta com a pergunta
8. Não acrescentou nenhum comentário

A validação de conteúdo do questionário assentou em dois processos: (1) sujeição da primeira versão à apreciação de especialistas e (2) pilotagem da primeira versão reformulada com sujeitos semelhantes aos da população-alvo.

A primeira versão do questionário foi submetida à apreciação de dois especialistas em investigação em Educação. Os dois especialistas pronunciaram-se acerca da natureza e da relevância das questões para o estudo em causa. A correcção epistemológica dos vários itens foi objecto de análise mais aprofundada por um dos especialistas. O outro especialista centrou ainda a sua apreciação na análise das escalas utilizadas e na natureza das questões numa perspectiva ética, de forma a serem evitadas questões que implicitamente incorporassem ou conduzissem a juízos de valor. Face às sugestões apontadas, procedeu-se à redução do número de itens na questão 1 e ao aperfeiçoamento da redacção de alguns itens e das questões de resposta aberta. A escala a utilizar na identificação da percepção dos professores acerca da presença das várias dimensões da natureza da Ciência nos manuais escolares foi objecto de discussão aprofundada. O número de opções de resposta a considerar foi o aspecto mais discutido. A necessidade de evitar que os professores se sentissem obrigados a contabilizar as ocorrências no manual escolar, facilitando assim a resposta, e de obter resultados passíveis de serem posicionados em relação às orientações de Ciência definidas no quadro teórico de referência conduziu à opção por uma escala constituída apenas por três opções – *Presente / Ausente / Sem opinião*.

A validação do questionário incluiu ainda um segundo procedimento que assenta na sua aplicação a um grupo de professores com características semelhantes às dos respondentes. Aplicou-se a um grupo de 14 professores da área das Ciências, colocados em três escolas do CAE de Braga e numa do CAE do Tâmega. Obteve-se a resposta de 13 professores (92,9 %): 11 de Ciências Naturais/Biologia e Geologia e 2 de Ciências Físico-Químicas. Os professores da área de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia focalizaram a resposta em manuais dos vários anos de escolaridade (7º a 12º ano). Os professores da área de Ciências Físico-Químicas centraram a resposta apenas em manuais do 7º ano de escolaridade. O questionário aplicado incluía uma questão suplementar na qual era solicitada uma apreciação do questionário, com a indicação de possíveis dificuldades sentidas no seu preenchimento. Os resultados desta validação conduziram às seguintes alterações:

- a) A especificação, nas instruções de preenchimento do questionário, da focalização da resposta apenas no manual do aluno. A inclusão de pressupostos teóricos acerca da História e natureza da Ciência no exemplar do professor e no guia do professor condicionaria a resposta, determinando, automaticamente,

a presença de determinadas características no manual escolar.

- b) A substituição em itens do tipo «*O manual escolar mostra a investigação científica como uma actividade realizada apenas por homens*» da palavra «*apenas*» por «*essencialmente*». Foi argumentado que a ocorrência de um único elemento a conferir à característica o estatuto de ausente indicaria uma imagem errónea. O exemplo apresentado foi a referência a uma única mulher cientista - Marie Currie - num manual de Física e Química. O mesmo tipo de ocorrência acontece em manuais escolares de Biologia e Geologia quando, por exemplo, fazem referência a Rosalind Franklin, investigadora que, no trabalho em equipa com Watson e Crick, deu um contributo importante para a definição da estrutura do DNA (ex.: Matias & Martins, 2004 - Manual de Biologia do 11º ano).
- c) grau de incidência diferenciado da natureza da Ciência nos vários capítulos do mesmo manual escolar, assinalado por alguns respondentes, implicou a indicação, nas instruções de preenchimento ao questionário, de que o registo da percepção da presença de cada característica no manual escolar não deveria ter em atenção essa diferenciação. As razões que presidiram à opção por uma escala com apenas três opções – Presente/Ausente/Sem Opinião – já estão atrás explanadas.

As respostas à questão 1 forneceram um conjunto de dados que depois de tratados e analisados permitiram concluir acerca da potencialidade do questionário na identificação das imagens de Ciência que, na percepção dos professores, são veiculadas nos manuais escolares. São estes dados que se apresentam nos quadros 3.15 e 3.16.

Os resultados apresentados no quadro 3.15 indicam a percepção dos professores acerca da presença/ausência de cada dimensão da natureza da Ciência nos manuais escolares.

**Quadro 3.15: Resultados da validação do questionário dirigido a professores: percepção acerca da presença/ausência das dimensões da natureza da Ciência**

Dimensões/Atributos da natureza da Ciência	Percepções dos professores		
	Predomínio de visão de orientação Positivista	Predomínio de visão de orientação Pós-positivista	Distribuição entre as visões de orientação Positivista e Pós-positivista
Processo de criação científica - Natureza das actividades laboratoriais - Procedimentos envolvidos - Interrelação Teoria-Objectivos-Procedimentos - Validação do conhecimento científico	X	X	X
Estatuto da Teoria e da Observação - Interacção Teoria-Observação	X		X
Estatuto Epistemológico do Conhecimento Científico	X		
Evolução do conhecimento científico - Carácter estático versus carácter dinâmico - Progresso linear versus progresso por avanços e recuos		X	X
Contexto da actividade científica - Influência do contexto social - Cooperação entre investigadores			X X
Imagem do Cientista - Visão heróica - Participação das mulheres na Ciência - Integração num contexto familiar/social - Individuos de várias raças	X X	X	X

Os dados do quadro 3.15 revelam que:

- Na percepção dos professores, os manuais escolares veiculam, em simultâneo, imagens acerca da natureza da Ciência de orientação positivista e pós-positivista;
- Em cada uma das dimensões da natureza da Ciência, a percepção dos professores aponta a coexistência de atributos próximos de uma orientação positivista e outros próximos de uma orientação pós-positivista. Verifica-se, ainda, que para alguns atributos, a percepção dos professores divide-se entre uma orientação positivista e uma orientação pós-positivista;
- A percepção da presença/ausência da dimensão “Estatuto Epistemológico do Conhecimento Científico” sugere a aproximação a uma imagem de orientação positivista;

d) Nalgumas dimensões da natureza da Ciência, as opiniões dos vários professores distribuem-se entre uma perspectiva de orientação positivista e outra de orientação pós-positivista.

O quadro 3.16 sintetiza as respostas relativas à influência na aprendizagem da presença/ausência de cada um dos atributos da natureza da Ciência.

**Quadro 3.16: Resultados da validação do questionário dirigido a professores: influência da presença/ausência das dimensões da natureza da Ciência na aprendizagem**

Dimensões/Atributos da natureza da Ciência	Importância atribuída pelos professores		
	Valorização de visão de orientação Positivista	Valorização de visão de orientação Pós-positivista	Sem importância e/ou sem opinião
Processo de criação científica - Natureza das actividades laboratoriais - Procedimentos envolvidos - Interrelação Teoria-Objectivos-Procedimentos - Validação do conhecimento científico	X   X	 X X X	
Estatuto da Teoria e da Observação - Interacção Teoria-Observação		X	X
Estatuto Epistemológico do Conhecimento Científico		X	X
Evolução do conhecimento científico - Carácter estático versus carácter dinâmico - Progresso linear versus progresso por avanços e recuos		X X	
Contexto da actividade científica - Influência do contexto social - Cooperação entre investigadores		X X	
Imagem do Cientista - Visão heróica - Participação das mulheres na Ciência - Integração num contexto familiar/social - Individuos de várias raças		X X X X	

Os dados do quadro 3.15 revelam que:

a) Os professores valorizam primordialmente atributos de orientação pós-positivista. No entanto, na dimensão “Processo de Criação Científica” valorizam, simultaneamente, atributos de orientação positivista (experimentação como o critério de validação) e outros de orientação pós-positivista (intervenção da comunidade científica).

- b) Em relação à dimensão “Estatuto Epistemológico do Conhecimento Científico” o posicionamento dos professores oscila entre a valorização de uma visão de orientação pós-positivista e a ausência de atribuição de importância na aprendizagem e/ou a ausência de opinião;
- c) Em relação à dimensão “Estatuto da Teoria e da Observação”, o posicionamento dos professores aponta a valorização de atributos de orientação pós-positivista (Influências mútuas entre a Teoria e a Observação) e, para outros atributos, a ausência de importância na aprendizagem e/ou a ausência de opinião (Influência da Teoria no processo de Observação);

A comparação dos dados dos quadros 3.15 e 3.16 mostra que os professores, nas actividades laboratoriais incluídas nos manuais escolares, não só percebem uma imagem acerca da natureza da Ciência de orientação positivista como a valorizam na aprendizagem dos alunos.

Esta análise sucinta mostra que o questionário tem a potencialidade de fornecer dados que conduzem à identificação das imagens acerca da natureza da Ciência que na percepção dos professores são as veiculadas nos manuais escolares e à identificação do tipo de influência na aprendizagem que os professores atribuem à presença/ausência dos diferentes atributos da natureza da Ciência nos manuais escolares.

As respostas às questões 2 e 3 permitiram antever algumas dimensões de análise passíveis de aplicar, posteriormente, aquando do tratamento dos questionários que integram a amostra em estudo. Este leque de dimensões alargou consideravelmente com o aumento do número de respondentes.

A presença diminuta de respostas à questão 4 (apenas três) e, essencialmente, sem qualquer relação com a temática em análise – natureza da Ciência - implicou que na redação da pergunta se indicasse a operacionalização da natureza da Ciência nos manuais escolares como o foco de outros comentários acerca de aspectos não abrangidos nas questões anteriores. Verifica-se que nos questionários que integram a amostra em estudo a presença de outros comentários já é frequente.

A aplicação do questionário dirigido a professores efectuou-se através do contacto directo com as escolas. As razões que presidiram à opção por uma via de natureza mais personalizada foram: por um lado, uma razão do foro ético - a assunção de que os

professores têm o direito de conhecer e poder interagir com o investigador com quem vão colaborar; por outro lado, razões de natureza mais técnica - a possibilidade de sensibilizar os professores para a importância do contributo da sua opinião na compreensão do tema em estudo e de esclarecer uma ou outra dúvida que eventualmente emergisse da leitura do questionário.

A opção por uma aplicação desta natureza acarreta algumas dificuldades que tornam o processo bastante moroso. Torna-se difícil, em tempo útil, isto é, em função dos prazos a cumprir, conseguir contactar directamente todos os professores potenciais respondentes. Assim, de forma a acelerar o processo, optou-se por efectuar o contacto com os professores através de três interlocutores: (a) orientadores de estágio com quem o investigador tem trabalhado; (b) alguns professores de Biologia e Geologia conhecidos do investigador e (c) Conselhos Executivos. A maioria dos contactos foi feita através dos Conselhos Executivos. Neste caso, salvo raras excepções, o contacto foi estabelecido posteriormente com o Coordenador do grupo de Biologia e Geologia. Nalgumas situações, foi ainda possível contactar directamente com os professores que reuniam as condições necessárias para responder ao questionário. Em qualquer uma das três situações, apresentou-se, sucintamente, o plano de investigação, os objectivos do questionário e foram dadas algumas indicações consideradas relevantes para o seu preenchimento. Sempre que solicitado, foram dados esclarecimentos adicionais. Este processo de distribuição e recolha dos questionários decorreu num período de cinco meses, de Fevereiro a Junho de 2006.

### **3.6. Percepções dos autores sobre a operacionalização da natureza da Ciência nos manuais escolares de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia**

Este subcapítulo incide na quarta vertente que integra o presente estudo. Nele, especificam-se os critérios que presidiram à selecção dos autores participantes no estudo e descreve-se o percurso metodológico adoptado, desde a construção dos instrumentos de investigação – questionário seguido de entrevista - até ao tratamento dos dados resultantes da sua implementação. Esta vertente do estudo assenta no seguinte objectivo:

- a) Analisar as percepções dos autores sobre a operacionalização da natureza da Ciência nos manuais escolares de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia.

### **3.6.1. Autores de manuais escolares envolvidos no estudo**

A selecção dos autores dos manuais escolares que participaram no estudo decorreu directamente da selecção dos manuais. Como já foi explicado na secção 3.4.1, escolheu-se um conjunto de manuais do 7º ao 11º anos que fossem elaborados pela mesma equipa, de modo a controlar a variável «Autor» e melhor delimitar o caso em estudo.

A equipa é constituída por cinco professoras e um professor: *Amparo Dias da Silva, Fernanda Gramaxo, Maria Ermelinda Santos, Almira Fernandes Mesquita, Ludovina Baldaia e José Mário Félix*. Inclui quatro professoras da área da Biologia e uma professora e um professor da área da Geologia. Esta equipa inclui um núcleo de quatro professoras que a integram desde 1983. Por volta de 1986, passou a contar com a colaboração de mais duas professoras e, num período mais recente, já na vigência dos actuais programas, foi enriquecida com a integração de um outro professor. Evidencia-se, deste modo, a larga experiência adquirida no domínio da concepção de manuais escolares. Esta experiência inclui uma vasta actividade desenvolvida no campo da educação. O grupo usufrui da experiência profissional diversificada dos seus próprios elementos: quatro no ensino Secundário, um no ensino Básico e um no ensino Universitário. A experiência das quatro professoras do ensino Secundário vai desde a realização de estágio com exame de estado até ao envolvimento na profissionalização em exercício/formação inicial de professores. Participaram, ainda, na elaboração de vários programas, anteriores à última reforma, incluindo programas do 3º ciclo do ensino Básico e do ensino Secundário, não só de Biologia e Geologia mas também de Técnicas Laboratoriais de Biologia e de Geologia. Conceberam ainda programas e livros de apoio para as áreas dos cursos por unidades capitalizáveis. A equipa assume como principal característica a amizade e a honestidade, valores constantemente cultivados e que estão na base de um trabalho cooperativo.

### **3.6.2. Procedimento de recolha e análise de informação relativa às percepções dos autores na operacionalização da natureza da Ciência**

Esta componente do estudo desenvolveu-se em seis fases:

1. Elaboração de uma versão inicial do questionário;
2. Sujeição desta versão à apreciação de especialistas;
3. Aplicação da versão reformulada à equipa de autores;
4. Elaboração do guião da entrevista a partir das respostas ao questionário;
5. Sujeição desta versão do guião à apreciação de especialistas;
6. Redacção da versão final do guião e realização da entrevista.

Os procedimentos de recolha de dados assentam num questionário (anexo 4) e numa entrevista (anexo 5). Optou-se, em primeiro lugar, pelo questionário por se considerar que a resposta às questões exigiria um período de reflexão, considerado incompatível com o tempo disponível numa entrevista. Posteriormente, recorreu-se à entrevista com o objectivo de clarificar e/ou complementar algumas ideias expressas através do questionário. Assim, o guião da entrevista foi construído a partir das respostas dadas ao questionário.

O contacto com a equipa de autores procedeu-se através de um primeiro contacto directo com uma das autores - *Amparo Dias da Silva*. Neste primeiro encontro, efectuou-se a apresentação do projecto e solicitou-se a colaboração da equipa de autores. A apresentação do projecto consistiu na indicação dos objectivos, das várias vertentes do estudo e do tipo de colaboração desejada. Assim, descreveu-se o tipo de metodologia que se pretendia seguir e efectuou-se a apresentação do questionário. Decorrente do diálogo estabelecido, considerou-se que não seria necessário o investigador efectuar a apresentação do questionário a toda a equipa, sendo esta tarefa amavelmente assumida pela professora Amparo Dias da Silva.

O questionário foi objecto de resposta colectiva pela equipa de autores. A entrevista foi precedida da entrega aos autores do documento que lhe serviria de base – o questionário que inicialmente lhes foi dirigido com a transcrição das respostas fornecidas pela equipa. Esta, também, foi realizada em colectivo e registada em suporte áudio, pelo que as respostas obtidas reflectem a opinião consensual da equipa.

O questionário é constituído por sete questões: uma de resposta fechada e seis de resposta aberta. Os objectivos que subjazem às questões que integram o questionário e, também, da entrevista, são os seguintes:

- a) Identificar factores que condicionam a operacionalização da natureza da

Ciência em manuais escolares.

- b) Identificar os pressupostos que subjazem às opções tomadas na operacionalização da natureza da Ciência nos manuais escolares.
- c) Identificar percepções sobre a influência do manual escolar na construção de uma imagem de Ciência por parte de alunos e de professores.
- d) Identificar percepções sobre o papel dos professores na utilização do manual escolar.
- e) Identificar percepções sobre o contributo da investigação incidente em manuais escolares.

O questionário inclui uma primeira questão de escolha múltipla com o objectivo de identificar os principais problemas com que os autores se deparam na operacionalização da natureza da Ciência nos manuais escolares. Esta questão, embora de natureza predominantemente fechada, inclui um espaço que possibilita aos autores a indicação de outros problemas para além dos previamente listados.

A questão 2 inclui seis afirmações destinadas a serem comentadas. Contemplam vários aspectos relacionados com a operacionalização da natureza da Ciência, desde princípios subjacentes até às dificuldades encontradas, passando por formas de operacionalização.

A questão 3 incide na opinião acerca da possibilidade de operacionalização dos atributos da natureza da Ciência enumerados no guia do professor do 7º ano de escolaridade (v. Silva *et al.*, 2002c) nos vários tópicos programáticos, nos vários níveis de escolaridade e nas várias secções dos manuais escolares - «Texto», «Actividades de Lápis e Papel», «Actividades Laboratoriais».

A questão 4 incide na influência que o manual escolar poderá exercer na construção de uma imagem da natureza da Ciência nos seus destinatários - os alunos e os professores.

As questões 5 e 6 estão focalizadas, respectivamente, no papel do professor na utilização e interpretação do manual escolar e no contributo da investigação sobre manuais escolares no ensino das Ciências. São comuns ao questionário dirigido a professores.

A questão 7, também comum ao questionário dirigido a professores, abre a possibilidade de os autores se pronunciarem acerca de outros aspectos relativos à operacionalização da natureza da Ciência nos manuais escolares que não tenham sido

contemplados nas questões anteriores.

O questionário e o guião da entrevista foram submetidos à apreciação de um especialista em investigação em Educação. Este, pronunciou-se acerca da natureza e da relevância das questões para o estudo em causa. Tal como ocorreu com o questionário dirigido a professores, os cuidados do foro ético tomaram um papel preponderante, sobretudo com o intuito de evitar questões que assumissem um carácter «ameaçador» para os autores, isto é, que incorporassem e/ou conduzissem a juízos de valor sobre o seu trabalho.

O guião da entrevista é constituído por 22 questões de resposta aberta. As questões estão direccionadas para o aprofundamento e/ou clarificação das respostas dadas no questionário. No anexo 5 apresentam-se as questões do guião da entrevista, agrupadas em função das respostas dadas a cada uma das questões do questionário. As respostas ao questionário e à entrevista foram objecto de análise de conteúdo com o objectivo de identificar as ideias principais manifestadas pelos autores.

O questionário e o guião da entrevista foram submetidos à apreciação de um especialista em investigação em Educação. Este, pronunciou-se acerca da natureza e da relevância das questões para o estudo em causa. Tal como ocorreu com o questionário dirigido a professores, os cuidados do foro ético tomaram um papel preponderante, sobretudo com o intuito de evitar questões que assumissem um carácter «ameaçador» para os autores, isto é, que incorporassem e/ou conduzissem a juízos de valor sobre o seu trabalho.

Em virtude da equipa de autores estar claramente identificada, não serão apresentadas as transcrições integrais das respostas ao questionário e à entrevista, de forma a assegurar a sua confidencialidade. A análise efectuada pelo investigador será ilustrada com alguns extractos das respostas, sempre que se pretender evidenciar ou tornar mais claro determinado posicionamento assumido pelos autores.