

CONCEPTUALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO DA CIÊNCIA EM CURRÍCULOS E MANUAIS ESCOLARES

Sílvia Ferreira¹
Ana Maria Morais¹
Isabel Pestana Neves¹
Leonor Saraiva¹
Sílvia Castro¹

Fundamentos e modelos de análise

A inclusão de uma vertente metacientífica no ensino/aprendizagem das ciências continua a ser um objetivo de investigadores, educadores e professores de ciências. Este aspeto parece ser essencial para garantir uma prática de ensino que integre os três tipos de conhecimento, epistemológico, conceptual e social, e conduza ao objetivo de atingir a *literacia científica para todos*.

Apresentam-se os fundamentos relacionados com a conceptualização da construção da ciência que tem orientado a investigação do Grupo ESSA, neste âmbito, ao nível dos currículos, dos manuais escolares e das práticas pedagógicas. Apresentam-se também os modelos de análise concebidos com base nesses fundamentos.

Fundamentos

Embora existam referências na literatura sobre a preocupação de integrar a construção da ciência, nos currículos de ciências, desde há cerca de cem anos (ex., Lederman, 2007), tal como afirmou Watson (1987), persiste uma ignorância geral acerca do modo como a ciência é feita. Por isso, o ensino sobre a construção da ciência continua a ser defendido por muitos autores, como Matthews (2009) ao afirmar que “a ciência, ensinada meramente como um assunto técnico ou uma ‘retórica de conclusões’, não faz justiça quer à própria ciência quer à educação” (p. 663). Nos anos 60-

¹ Investigadoras do Grupo ESSA (ver notas biográficas).

70 do século XX surgiu a ideia de que uma educação científica relevante deveria englobar uma vertente metacientífica. Esta ideia foi sendo alargada aos diferentes níveis de ensino, em particular, no que diz respeito à abordagem das relações CTS, com vista a uma certa compreensão da ciência pelos cidadãos, favorável a ambos, como refere Caraça (2004).

Atualmente, diversas organizações internacionais defendem o ensino do processo de construção da ciência² (ex., AAAS, 1989, 1993; NRC, 1996, 2012; CE, 2007; OCDE/PISA, 2009) como um dos objetivos da educação científica. Por exemplo, o quadro de referência apresentado pelo National Research Council (NRC, 2012) aponta para uma conceção de ciência altamente integradora em termos dos conhecimentos a aprender e dos processos científicos a desenvolver na aprendizagem (*scientific inquiry*), relacionados com a construção da ciência (Figura 2.1., Parte II).

A construção da ciência nos currículos. As orientações para o ensino da construção da ciência, atrás referidas, têm-se traduzido no aumento da ênfase na inclusão da construção da ciência, nos diversos currículos de ciências de inúmeros países (regiões) como os Estados Unidos da América (ex., BSCS, 2011), o Reino Unido (ex., Nuffield Foundation, 2015), Hong Kong (Wong, Wan & Cheng, 2014) e Brasil (Martins, Silva & Prestes, 2014). O mesmo sucedeu em Portugal quando se iniciou a reorganização curricular do ensino básico. Contudo, a ênfase na construção da ciência nos currículos foi colocada em diferentes perspetivas como mostram alguns estudos. Por exemplo, McComas e Olson (1998), nos anos 90 do séc. XX, analisaram a presença da natureza da ciência em oito currículos de ciências, para o ensino secundário, dos Estados Unidos da América, Reino Unido, Austrália, Canadá e Nova Zelândia. A análise teve em consideração aspetos relativos à filosofia, história, sociologia e psicologia da ciência. Os resultados deste estudo mostram que há consenso, nos diferentes currículos analisados, quanto à inclusão da natureza da ciência no ensino das ciências. Contudo, tal como se vê na Figura 3.1., é atribuído um estatuto diferente às várias dimensões em análise, representado pelo

² Também denominada “natureza da ciência” (*nature of science*, NOS, no original em inglês) de acordo com a tradição anglo-saxónica.

tamanho relativo dos círculos. O maior estatuto foi atribuído às dimensões filosófica e histórica, nos currículos analisados.

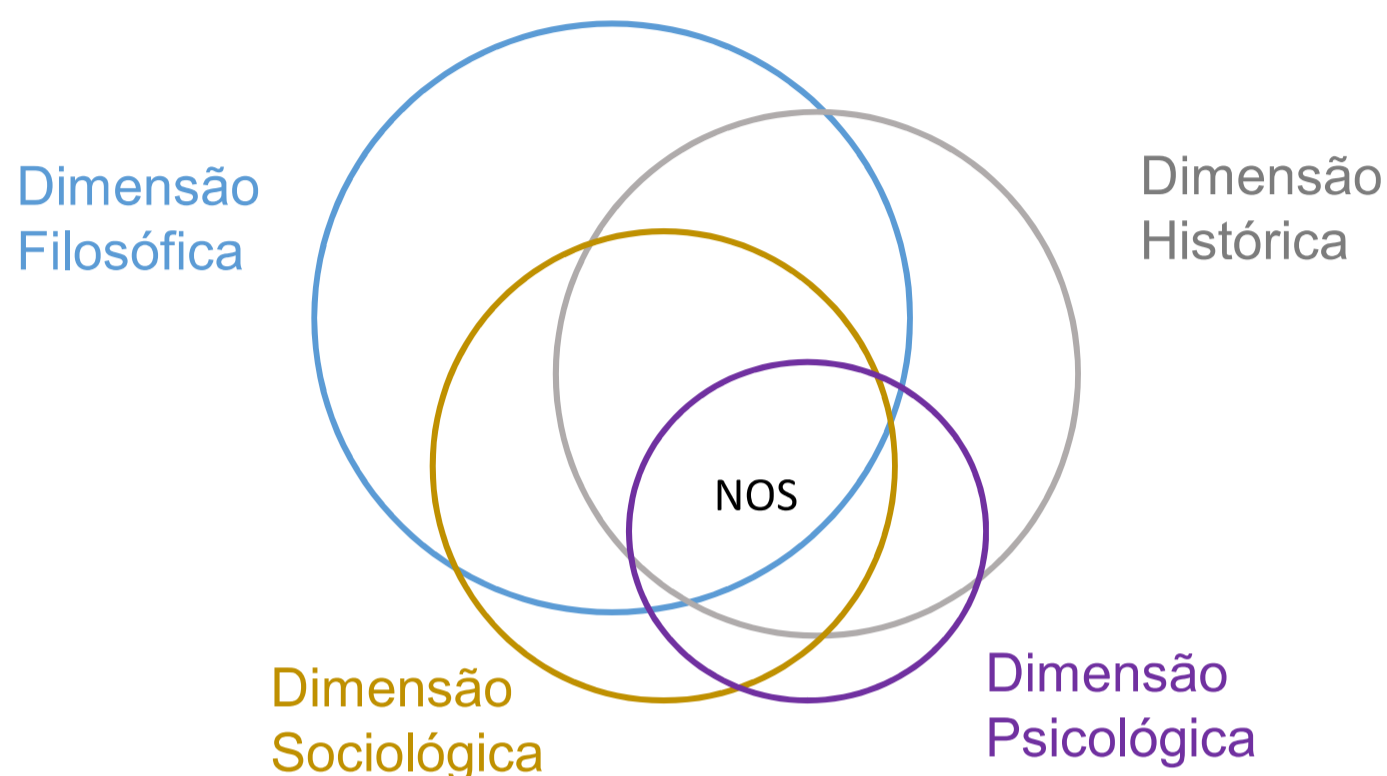


Figura 3.1. Dimensões de análise da presença da natureza da ciência em oito currículos de diferentes países (adaptado de McComas & Olson, 1998).

Construção da ciência – Vários significados. Apesar de a maioria dos investigadores ter chegado a consenso em relação à necessidade de promover a abordagem da metaciência no quadro do ensino/aprendizagem das ciências, não existe acordo sobre o significado da construção da ciência (“natureza da ciência”) em termos de *o que* e de *o como* se ensina e aprende. McComas, Clough e Almazroa (1998) propuseram uma definição de “natureza da ciência”, como sendo uma expressão “usada para descrever a interseção de assuntos relacionados com a filosofia, história, sociologia e psicologia da ciência no modo como se aplicam e potencialmente influenciam o ensino e aprendizagem da ciência”, realçando a importância deste domínio do conhecimento “para guiar os educadores de ciência na representação cuidada da ciência aos alunos” (p. 5).

Outros autores, como Lederman, Abd-el-Khalick, Bell e Schwartz (2002) apresentaram alguns elementos básicos, relacionados, essencialmente,

com conhecimentos simples sobre alguns aspectos ligados à epistemologia e à sociologia da ciência, que consideraram essenciais para ensinar a metaciência em vários níveis de escolaridade: “ (1) a natureza empírica da ciência; (2) as leis e teorias científicas; (3) a natureza criativa e imaginativa do conhecimento científico; (4) a natureza do conhecimento científico de base teórica; (5) o conhecimento científico integrado na cultura e na sociedade; (6) o mito do ‘método científico’; e (7) a natureza contingente do conhecimento científico” (pp. 500-502). Aqueles autores realçaram, por exemplo, a existência de mitos no ensino das ciências, como é o caso da crença na existência de um método algorítmico, geral e universalmente aplicado pelos cientistas – o “método científico” – originando a acumulação de evidências obtidas por observação e experimentação que vão constituir o corpo de conhecimentos da ciência (leis e teorias) transmitindo, por isso, uma visão positivista de ciência.

Recentemente, McComas (2014) reformulou a sua definição anterior, representando os elementos básicos da “natureza da ciência” frequentemente recomendados no ensino das ciências (K-12³) e contemplando as orientações mais recentes do National Research Council (2012). Tal como mostra o esquema da Figura 3.2., McComas considera fundamentais três áreas (inscritas nos círculos): o “Conhecimento científico em si mesmo”, as “Ferramentas e produtos da ciência” e os “Elementos ‘humanos’ da ciência” (p. 2004). Alguns dos elementos descritos em cada área são comuns à conceptualização que tem sido usada por Lederman e colaboradores (2002) e aplicada em inúmeros estudos a nível mundial. Por exemplo, em relação aos elementos do *conhecimento científico*, McComas também realça o carácter contingente da ciência mas, vai mais longe, quando refere os limites da ciência e considera a distinção entre tecnologia e engenharia. Esta perspetiva de McComas deve-se ao relevo atribuído à engenharia nas orientações do National Research Council e à relevância que a tecnologia e a engenharia assumem na sociedade atual (por ex., a bioengenharia), sendo, provavelmente, as áreas que têm maior visibilidade pública.

³ Designação que engloba todos os níveis de escolaridade, desde a educação pré-escolar (faixa etária dos quatro aos seis anos) ao último ano do ensino secundário (12.º).

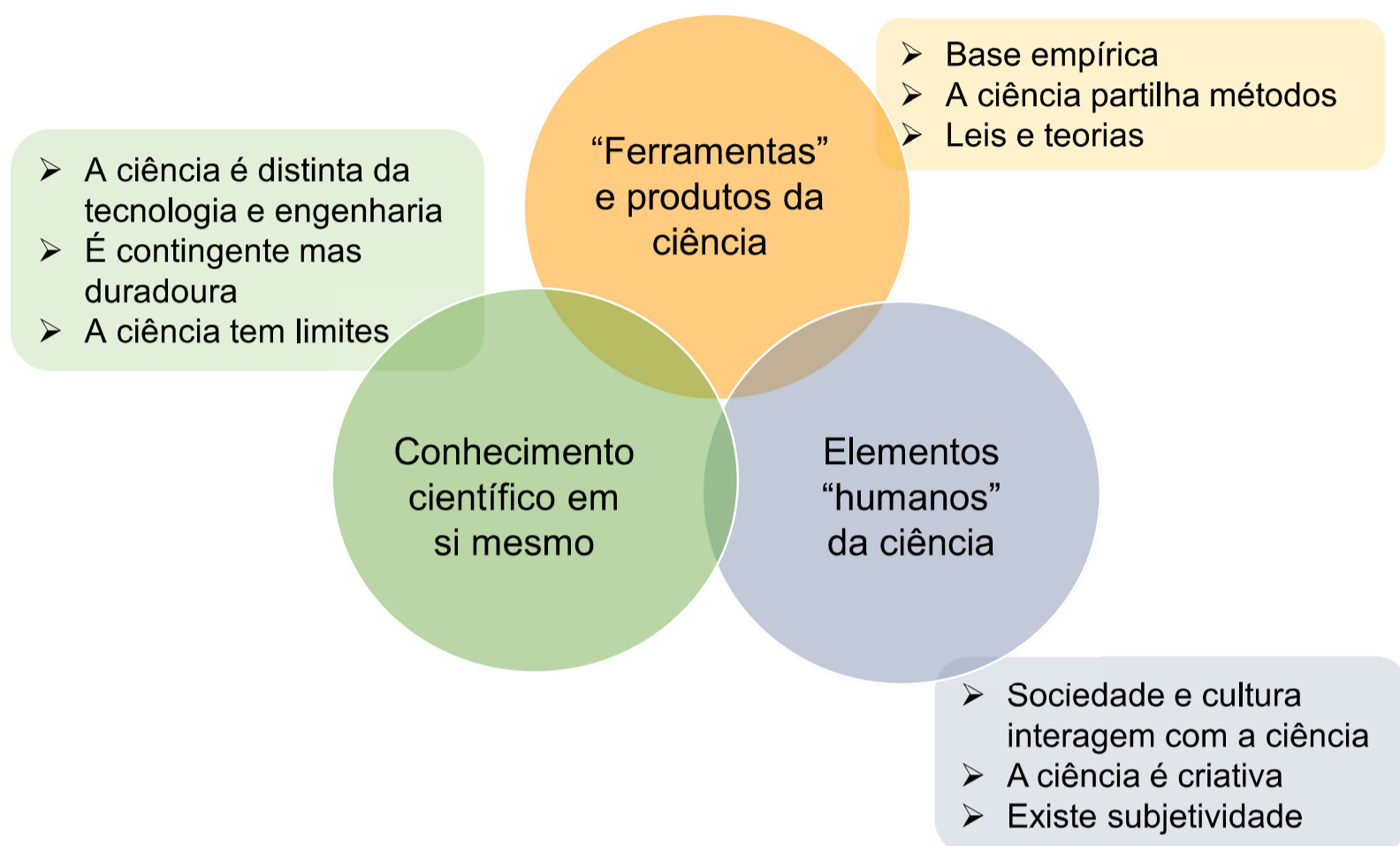


Figura 3.2. Representação de alguns elementos básicos da “natureza da ciência”, organizados em três áreas inter-relacionadas, frequentemente recomendados para abordar na educação científica (McComas, 2014, adaptado de McComas, 2008).

Os três elementos das “*ferramentas*” e *produtos da ciência* – a base empírica, a construção de leis e teorias e os métodos – são apontados por ambos os autores. McComas foca que a ciência partilha métodos, o que significa não existir um único “método científico” (o mito apontado por Lederman e outros). Finalmente, em relação aos elementos “*humanos*” da ciência, a interação da sociedade e da cultura com a ciência e a sua perspectiva criativa são elementos comuns a ambas as definições. Contudo, McComas evidencia o carácter subjetivo do conhecimento como um dos elementos humanos da ciência. Este aspeto não é explícito na conceptualização de Lederman e colaboradores (2002).

Duschl e Grandy (2012) defendem que o ensino da *natureza da ciência* deve assentar na experiência dos alunos em “construir e refinar práticas científicas baseadas em modelos”, por oposição à mera apresentação de elementos relativos à construção da ciência no decurso das aulas de

ciências, e no “desenvolvimento de práticas epistêmicas, cognitivas e sociais que os cientistas e os alunos de ciências usam quando geram e avaliam evidências, explicações e conhecimentos científicos e quando criticam e comunicam ideias e informações científicas” (abstract).

Ensino sobre a construção da ciência e literacia científica. A compreensão sobre a construção da ciência, apesar das diferentes visões propostas por diversos autores, tem recebido uma atenção renovada como componente fundamental da *literacia científica*. Clough, Olson e Niederhauser (2013) chamam a atenção para o facto de todos os documentos de reforma da educação científica afirmarem que a promoção da *literacia científica* exige a atenção para a *natureza da ciência*. Adiantam também que um cidadão cientificamente literato deve compreender o que é a ciência, como funciona, as suas limitações, a distinção entre ciência e tecnologia e o modo como se relacionam e como a ciência influencia e é influenciada pela sociedade.

À semelhança do que sucede com a conceptualização da construção da ciência, o conceito de *literacia científica* também tem sido objeto de controvérsia havendo inúmeras definições apresentadas por diversos autores. Segundo Roberts (2007), a discussão centra-se em torno da definição de *literacia científica* pois, apesar da clareza de alguns estudos sobre o que e como se deve ensinar, não se encontrou ainda um consenso, podendo distinguir-se tipologias diversas num *continuum* entre dois extremos. Num dos extremos pressupõe-se que os alunos compreendam um assunto como um cientista faria (a ciência como *inquiry*), correndo o risco de incluir material orientado para situações tradicionais apenas como fonte de motivação para os estudantes. No outro extremo, pressupõe-se que o ensino das ciências se processa através de um único contexto: “as perspetivas pessoais e sociais da ciência” (p. 756). Este autor também questiona os estudos centrados na avaliação da literacia científica por encerrarem em si mesmos a subjetividade inerente ao conceito.

Na realidade o conceito tem sido, frequentemente, operacionalizado em termos da avaliação da *literacia científica* dos alunos. Tal é o caso do

programa PISA (OCDE, 2006, 2009) que define a literacia científica, em termos individuais, como

possuir conhecimento científico e usá-lo para identificar problemas, adquirir novos conhecimentos, explicar fenómenos científicos e concluir baseado em evidências científicas; compreender os aspetos característicos da ciência como uma forma de conhecimento humano e investigação; reconhecer o modo como a ciência e a tecnologia modelam o nosso meio cultural, material e intelectual; ter disponibilidade para se envolver como um cidadão reflexivo nas questões relacionadas com a ciência e as ideias científicas. (OCDE/PISA, 2009, p. 128)

Este conceito pode ser situado, algures, no meio do *continuum* entre as visões extremas referidas por Roberts (2007). Partilha-se a opinião de DeBoer (2000) quando, a propósito da controvérsia sobre o que é e o modo como se poderá atingir a literacia científica para todos, afirma que a “literacia científica implica uma compreensão ampla e funcional sobre a ciência e não a preparação para carreiras científicas e técnicas especializadas” (p. 594).

Conceptualização da construção da ciência. Assumindo a importância da construção da ciência para o ensino das ciências, em particular, como uma forma de atingir a *literacia científica* para *todos*, e face às diferentes visões dos autores que estudam o assunto, necessário se torna encontrar uma resposta para a questão: como é que a ciência se constrói? Esta questão está intimamente ligada a uma outra – O que é a ciência? – que tem recebido, ao longo do tempo, respostas múltiplas e complexas conforme as “lentes”, ou seja, as disciplinas metacientíficas, (filosofia, história, psicologia e sociologia) pelas quais é analisada, como se ilustra através das palavras de Ziman (1984)

A ciência [...] é o produto da investigação e emprega métodos característicos; é um corpo organizado de conhecimento; é um meio de resolver problemas. A ciência também é uma instituição social, necessita de materiais próprios, é um tema de educação, é um recurso cultural, tem de ser gerida e é um fator de grande relevo nos empreendimentos humanos. (p. 2)

A estas respostas junta-se, ainda, a visão dos cientistas, como a do biofísico Quintanilha (2003) quando afirma que

A ciência não é fácil, é competitiva, nem toda a gente é capaz de fazer bem ciência, mas o prazer de estar na fronteira entre o conhecido e o desconhecido e perceber

como é que os mecanismos funcionam é das coisas mais fabulosas que existe. É das áreas que mais mistério trazem às pessoas.

Se o conceito de ciência é polémico e multifacetado também não existe uma única resposta para a questão sobre o modo como a ciência se constrói. A partir do final do século XIX, com a emergência de novas áreas do conhecimento, da crescente especialização da ciência e da tecnologia e da progressiva complexidade das relações entre a ciência e a sociedade, a construção da ciência e as características do trabalho científico foram e continuam a ser objeto de debates epistemológicos. Por exemplo, alguns sociólogos da ciência estudam as relações que os cientistas estabelecem nos grupos em que trabalham e entre estes grupos e instituições sociais, evidenciando a importância da comunicação científica, durante o processo de desenvolvimento tecnológico. Neste sentido, Knorr-Cetina (1999) afirma que “os grupos que trabalham numa tecnologia têm igualmente de se por à prova a si mesmos e mostrar continuamente a sua capacidade ao público” (p. 392). Os filósofos, por sua vez, interrogam-se, há muito, sobre variados aspetos da construção do conhecimento científico, entre eles a objetividade da ciência, como Gil (1999) quando refere

Antes de tudo o mais, a ciência é obra de indivíduos colaborando com outros indivíduos. [...]. Se assim é, como se obtém e se garante a objetividade, ou seja, uma ciência que será a mesma para todos porque se impõe da mesma maneira a todos? A história das ciências torna patente que a objetividade não é dada mas conquistada [...], que ela nunca é total e constitui a resultante de um conjunto de fatores que não são todos interiores ao trabalho científico (p. 11).

Modelo de construção da ciência proposto por Ziman. Face à dificuldade em obter uma ideia consensual sobre ciência e o modo como a ciência se constrói, dado o carácter controverso das teorizações sobre ciência e a sua sofisticação crescente, a investigação do Grupo ESSA tem sido fundamentalmente orientada pela conceptualização multidimensional de ciência de Ziman (1984, 2000). Considera-se a conceção de ciência demasiado complexa para poder ser descrita por uma qualquer definição formal, correndo-se o risco de ignorar alguns dos seus aspetos significativos, pela dificuldade em agregar as perspetivas filosóficas, psicológicas e sociais que a caracterizam. No âmbito da investigação do

Grupo ESSA, esta conceptualização tem permitido uma análise articulada das várias disciplinas metacientíficas, ao contrário das posições de outros autores que focam mais uma ou outra vertente e não o conjunto das dimensões de construção da ciência no modelo proposto por Ziman. Para além disso, este modelo permite responder de um modo abrangente a muitas dúvidas conceptuais e terminológicas que persistem neste domínio.

Este autor considera quatro dimensões metacientíficas: filosófica, histórica, psicológica e sociológica, sem fronteiras nítidas a separá-las (Figura 3.3.). Na interseção destas dimensões, Ziman concebe um eixo temporal, ao longo do qual a ciência evolui pela inter-relação dos aspetos filosóficos, sociológicos e psicológicos, em diversos momentos, conferindo-lhe uma dimensão histórica.

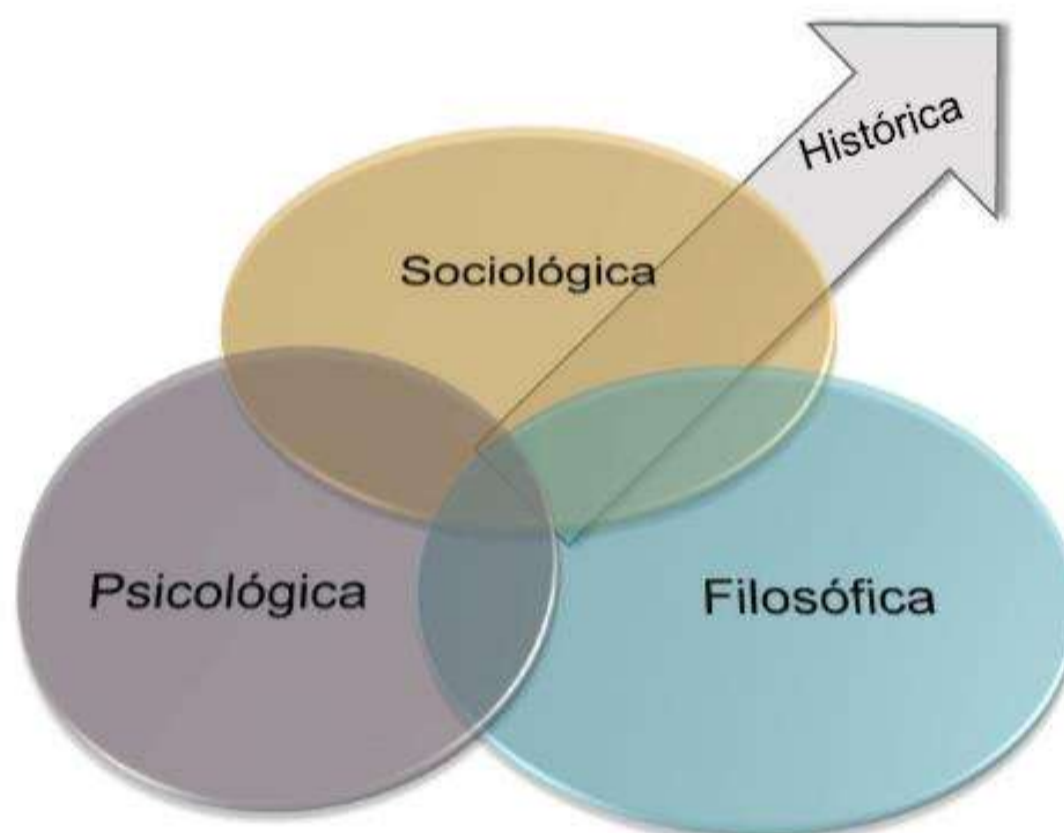


Figura 3.3. Modelo de construção da ciência (adaptado de Ziman, 1994, 2000).

A dimensão filosófica caracteriza a ciência no seu aspeto dinâmico e dá ênfase aos processos investigativos de trabalho, usados pelos cientistas, como elementos de metodologias próprias (ex., a observação, a experimentação, a teorização) destinadas a obter informação fidedigna (confiável) acerca do mundo natural. A metodologia científica está direcionada para ultrapassar as duas maiores fontes de incerteza empírica:

(a) a *subjetividade*, dado que o conhecimento científico é subjetivo porquanto a informação é obtida com a intervenção humana; e (b) a *contingência*, traduzida pela replicabilidade dos dados de interesse científico e dos procedimentos de investigação por parte de grupos independentes de cientistas.

A dimensão psicológica da ciência refere-se às características psicológicas dos cientistas que influenciam o seu trabalho. A ciência é uma atividade humana e, como tal, está sujeita aos condicionalismos da natureza humana – desejos, qualidades, ambições e fragilidades dos cientistas que influenciam o seu trabalho e podem pôr em causa a ética profissional. Os traços de carácter há muito defendidos como apropriados a um cientista são: curiosidade, inteligência, persistência, honestidade e coragem para validar os seus resultados e submetê-los à crítica dos seus pares.

A dimensão sociológica (Figura 3.4.) refere-se às relações entre os membros da comunidade científica (sociologia interna, DSI) e às inter-relações que estabelecem com a sociedade em geral (sociologia externa, DSE).

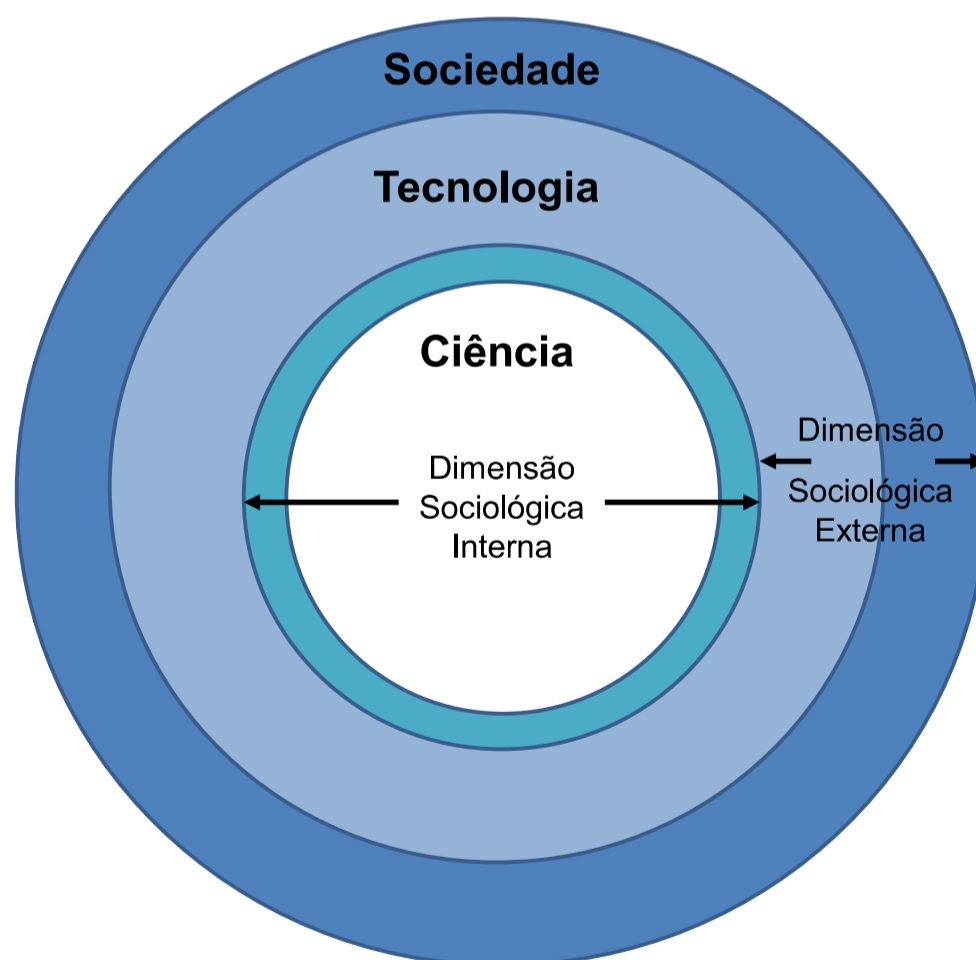


Figura 3.4. As vertentes interna e externa da dimensão sociológica da ciência (adaptado de Ziman, 1984, 2000).

Ziman salienta que os cientistas estão integrados numa comunidade científica estabelecendo interações sociais uns com os outros. Os cientistas comunicam entre si partilhando perspectivas e resultados experimentais que os levam a reestruturar constantemente os seus trabalhos, a encontrar novas vias de investigação num empreendimento que é, cada vez mais, um processo colaborativo e não uma atividade isolada. Estas interações constituem a vertente interna da dimensão sociológica. Ziman encara a ciência como uma instituição social, inserida na sociedade e desempenhando certas funções para a sociedade. Na sociedade atual, a ciência e a tecnologia estão intimamente ligadas. As novas ideias e aplicações da ciência influenciam as inovações e produções tecnológicas e a tecnologia fornece à ciência novos instrumentos e procedimentos de investigação que a fazem avançar. Os processos e produtos tecnológicos têm uma maior visibilidade e impacto na sociedade, pelo que a tecnologia pode ser vista como um interface entre a ciência e a sociedade. Para este autor, a relação biunívoca entre Ciência/Tecnologia/Sociedade (CTS), corresponde apenas à dimensão sociológica na sua vertente externa.

A dimensão histórica realça o caráter de arquivo da ciência e confere-lhe uma perspectiva de atividade dinâmica que progride ao longo do tempo. A acumulação de conhecimento científico, organizado em esquemas teóricos coerentes e divulgado em publicações, é um processo histórico com especial significado que permite a reestruturação de esquemas teóricos universais e a sua utilização em proveito da humanidade. Desde que a ciência se institucionalizou, podemos considerar as três dimensões com diferentes perspectivas, condicionadas pelas realidades culturais e sociais das várias épocas históricas, num sentido de complexidade crescente.

Os estudos realizados pelo Grupo ESSA no âmbito da construção da ciência (ex., Castro, 2006, 2015; Ferreira & Morais, 2014; Saraiva, 2015) têm subjacente a perspectiva de Ziman (1984, 2000) considerando a interação entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS) incluída na dimensão sociológica externa. Para outros autores (ex., Aikenhead, 2000, 2009), a relação CTS compreende a interação externa entre ciência, tecnologia e sociedade, mas também o funcionamento interno do empreendimento científico, bem como aspetos relacionados com a

filosofia e a história da ciência. Para Aikenhead (2009), um dos objetivos principais da perspectiva CTS é proporcionar a aprendizagem dos conteúdos científicos de uma forma contextualizada, colocando assim o enfoque na cultura local. Com a abordagem CTS as fronteiras entre as várias disciplinas metacientíficas ficam esbatidas, o que torna pouco explícito o objeto de estudo de cada uma delas. Por conseguinte, ao contrário do que acontece com a perspectiva de Ziman (1984, 2000), uma análise da construção da ciência em textos pedagógicos baseada na abordagem CTS levantaria com certeza dificuldades, nomeadamente ao nível da categorização dos conteúdos metacientíficos.

Construção da ciência na aprendizagem científica. A introdução do processo de construção da ciência (conhecimento metacientífico) na aprendizagem científica deve ser perspectivada tendo em consideração a diferença de estrutura entre o conhecimento científico e o conhecimento metacientífico, tal como mostra o esquema da Figura 3.5.

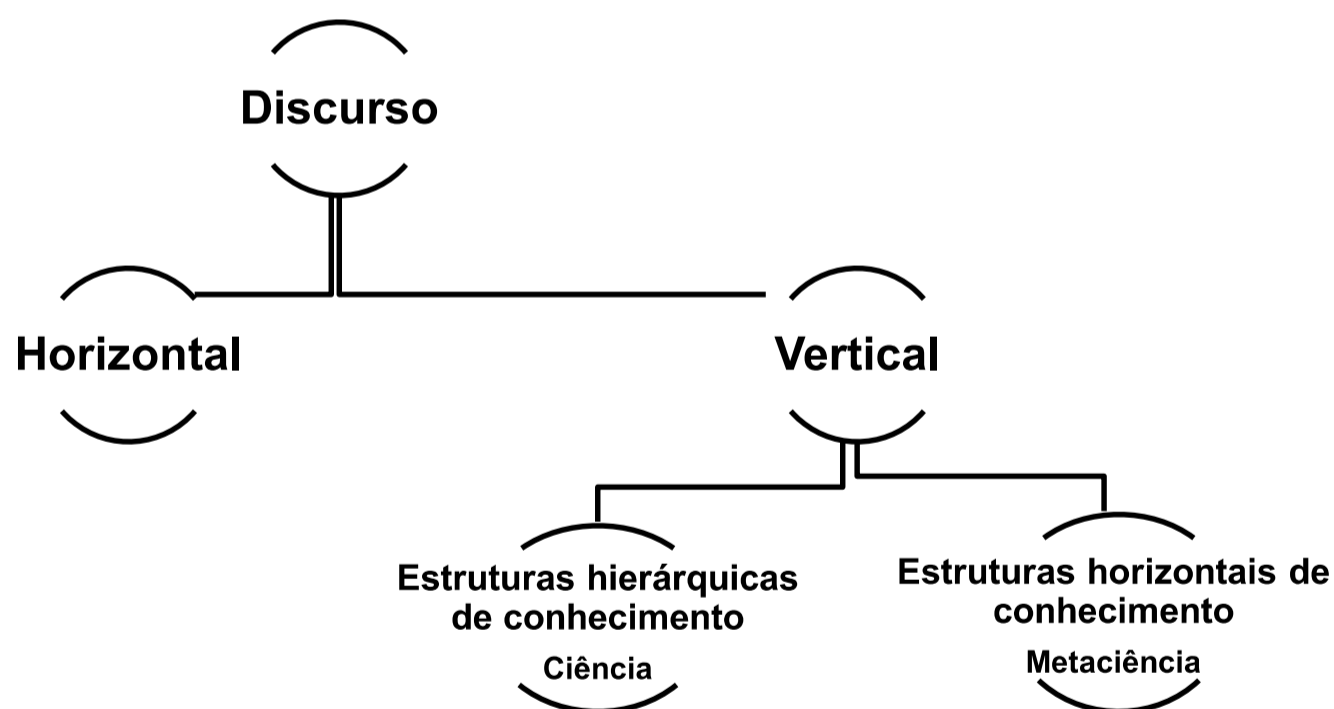


Figura 3.5. Discursos verticais e horizontais (adaptado de Bernstein, 1999).

Tal como já foi referido na primeira secção temática, o conhecimento científico tem uma estrutura hierárquica caracterizada pela articulação entre níveis de conhecimento no sentido do desenvolvimento de teorias

sucessivamente mais gerais e integradoras, como é o caso da Teoria da Evolução em Biologia e da Tectónica de Placas em Geologia, cujo desenvolvimento resulta de uma conceptualização/linguagem conceptual cada vez mais abrangente que se processa segundo uma estrutura hierarquizada. O conhecimento metacientífico tem uma estrutura horizontal caracterizada por uma série cumulativa de linguagens especializadas (paralelas) com os seus modos próprios de questionamento e com critérios específicos para a produção e a circulação de textos. É o que acontece com as disciplinas metacientíficas.

No caso de disciplinas científicas como a Biologia ou a Física, enquanto formas de conhecimento com uma estrutura hierárquica, não se coloca o problema de saber se se está a falar ou a escrever sobre a Biologia ou a Física mas, tão só, se se está a fazer o uso correto da linguagem conceptual de cada uma das disciplinas. Nestas formas de conhecimento a passagem de uma teoria para outra não indica uma quebra da linguagem mas simplesmente uma extensão do poder descritivo e explicativo da linguagem. O mesmo não acontece em relação ao conhecimento metacientífico, pois tratando-se de um conhecimento de estrutura horizontal, desenvolve-se com a introdução de uma ou mais novas linguagens a que está associado um novo conjunto de questões e relações, aparentemente uma nova problemática e um novo grupo de estudiosos que adotam a nova linguagem. De facto, para cada uma das disciplinas metacientíficas – história, psicologia, filosofia, sociologia – existem várias linguagens paralelas consoante o posicionamento ideológico dos investigadores, como por exemplo, no caso da filosofia, o positivismo, o realismo ou o relativismo filosófico.

Assim, o ensino da construção da ciência exige dos professores uma grande capacidade de articulação entre dois tipos de conhecimentos, porque implica um posicionamento duplo dos professores de ciências: ao nível de *o que* ensinar, os professores têm de lidar, desejavelmente, em harmonia, com um *que* com uma estrutura hierárquica (ciência) e com um outro *que* caracterizado por ter uma estrutura horizontal (metaciência). Ao contrário do ensino das disciplinas científicas, onde *o que* é ensinado tem uma estrutura hierárquica, *o que* metacientífico é caracterizado por ter

uma estrutura horizontal, isto é, com linguagens paralelas. Dito de outro modo, a estrutura horizontal do conhecimento metacientífico, sendo diferente da estrutura hierárquica do conhecimento científico, poderá levantar dificuldades de operacionalização aos professores de ciências, socializados em estruturas hierárquicas (disciplinas científicas) do conhecimento durante a sua formação académica.

Modelo da metodologia de investigação. Revisitando o modelo de investigação que o Grupo ESSA tem seguido (Morais & Neves, 2001), recorda-se que, na construção dos modelos e instrumentos de análise, se parte de conceitos de várias áreas: da epistemologia, usando, por exemplo, a conceptualização da Ziman (1984, 2000); da psicologia (ex., Vygotsky, 1979); e da sociologia, com base na teoria de Bernstein (1990, 2000), o que remete para uma metodologia de investigação de base racionalista. Estas teorias constituem a linguagem interna de descrição (Figura 1.6., Parte I). A partir destas e de outras teorias, o Grupo ESSA tem desenvolvido uma linguagem externa de descrição. É esta linguagem externa de descrição (modelos, etc.) que dirige a investigação. De acordo com este modelo há uma constante relação dialética entre os conceitos teóricos e os dados empíricos. Em resultado desta relação dialética, as proposições teóricas, a linguagem externa de descrição e a análise empírica interatuam de forma transformativa de modo a conduzir a uma maior profundidade e precisão sobre o que se pretende compreender (Morais & Neves, 2001). Contrariamente a outras teorias da área da educação, a teoria de Bernstein (1990, 2000) contém potencialidades de diagnóstico, previsão, descrição, explicação e transferência, aproximando-se das teorias com gramáticas fortes, permitindo uma conceptualização a um nível mais elevado, sem perder a relação dialética entre o teórico e o empírico.

Pelo facto de os conhecimentos metacientíficos (e de os conhecimentos de educação em geral que definem *o como se ensina*) possuírem uma estrutura horizontal, com várias linguagens conceptuais paralelas (relacionadas com cada uma das disciplinas metacientíficas), eles têm uma sintaxe conceptual menos explícita do que os conhecimentos científicos e, em consequência, as descrições empíricas geradas são menos precisas e

dificultam a construção de modelos formais de relações empíricas. Dito de outro modo, a estrutura conceptual das disciplinas metacientíficas não tem as potencialidades de diagnóstico, previsão, descrição, explicação e transferência das teorias científicas propostas pelas disciplinas com estruturas hierárquicas de conhecimento.

A opção pela utilização da linguagem interna de descrição sobre ciência, proposta por Ziman (1984, 2000), para a construção dos modelos e dos instrumentos de análise que orientam a investigação do Grupo ESSA, justifica-se pelo facto de esta linguagem traduzir uma conceptualização mais abrangente e facilitadora da categorização dos vários aspetos da construção da ciência (dimensões) do que outras linguagens de descrição da ciência apresentadas.

Modelos de análise

Com base nos modelos teóricos que têm orientado a conceptualização da construção da ciência, apresentam-se alguns modelos de análise que foram produzidos e têm sido utilizados no âmbito dos estudos do Grupo ESSA. A investigação realizada neste âmbito tem-se focado em diferentes dimensões de análise, nomeadamente na complexidade dos conhecimentos metacientíficos, na complexidade da relação entre conhecimentos científicos e conhecimentos metacientíficos, na complexidade das capacidades metacientíficas e ainda na explicitação da construção da ciência, ao nível da relação Ministério da Educação-professor e da relação professor-aluno. São diversos os textos educacionais e relações que podem e têm sido objeto de análise: os princípios gerais e os princípios específicos de currículos, que fazem parte do discurso pedagógico oficial (DPO); os manuais escolares e as práticas pedagógicas, ambos discursos pedagógicos de reprodução (DPR); e ainda os processos de recontextualização que podem ocorrer entre estes diversos textos educacionais (Figura 3.6.). A análise apresentada vai estar focada sobretudo no currículo de Biologia e Geologia do ensino secundário, com alguns exemplos do 3.º ciclo, e apenas em algumas das dimensões de análise: complexidade do conhecimento metacientífico, complexidade da

relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos e complexidade das capacidades metacientíficas.

Para a análise de cada uma das dimensões da construção da ciência, foram construídos e aplicados instrumentos de análise. Quanto à complexidade dos conhecimentos metacientíficos, o instrumento de análise contém quatro graus de complexidade. Essa complexidade está baseada na distinção entre factos, conceitos simples, conceitos complexos e temas unificadores/teorias, tendo em consideração definições apresentadas por diversos autores (ex., Anderson et al., 2001; Cantu & Herron, 1978).

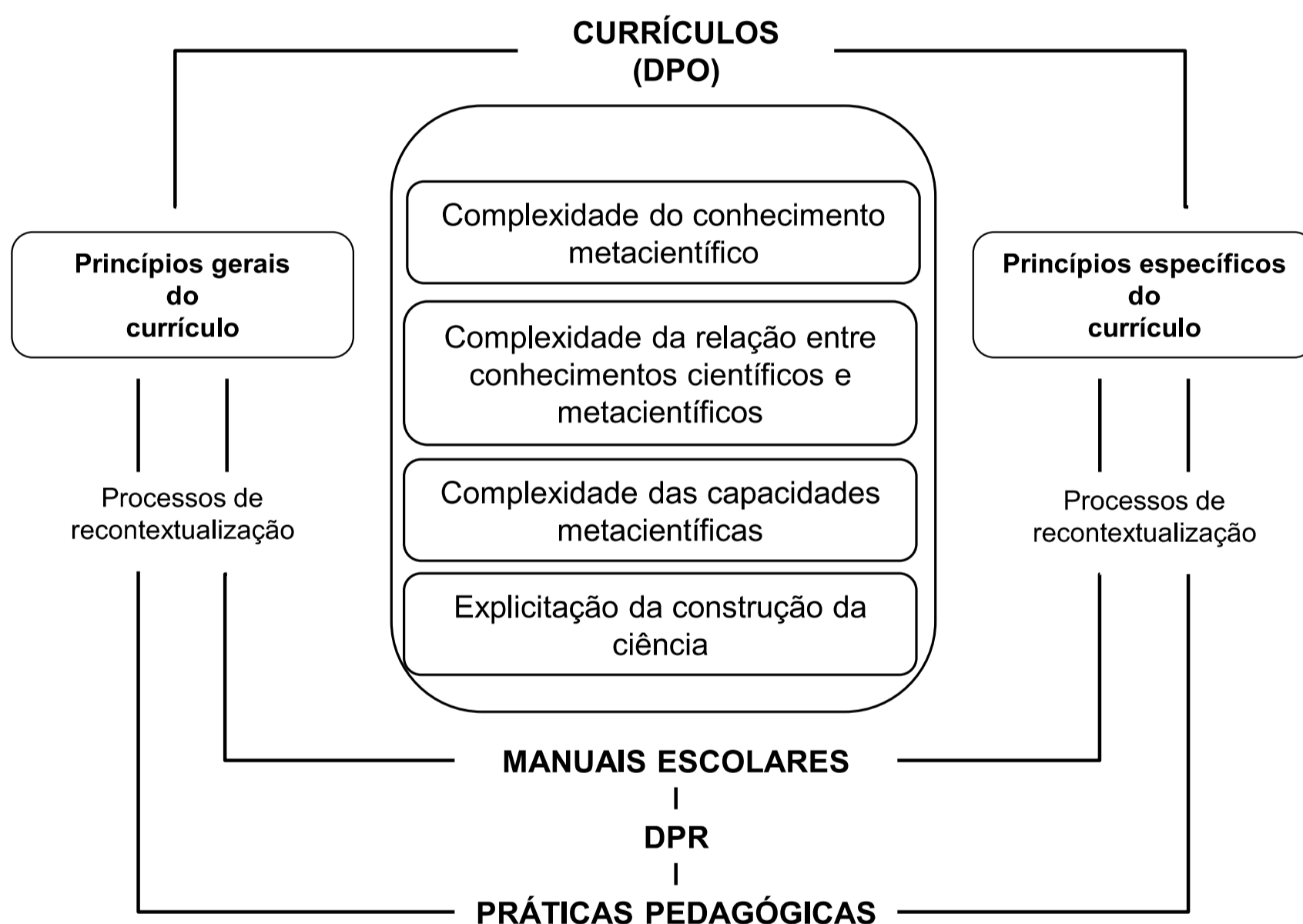


Figura 3.6. Dimensões de análise da construção da ciência em textos educacionais e processos de recontextualização (adaptado de Moraes & Neves, 2012).

Na Tabela 3.1. apresenta-se um excerto deste instrumento para a dimensão filosófica. Para as restantes dimensões de construção da ciência, os descritores são semelhantes. Ao nível deste instrumento, considerou-se necessário incluir o grau 0, que não se refere diretamente à complexidade

do conhecimento metacientífico, mas permite contabilizar as unidades de análise que não mencionam conhecimentos metacientíficos. O grau 1 inclui factos, que correspondem a dados que resultam da observação, por evidências diretas ou indiretas. O grau 2 integra conceitos simples, que se caracterizam por ter um baixo nível de abstração, atributos definidores e exemplos que são observáveis (Brandwein et al., 1980; Cantu & Herron, 1978). O grau 3 inclui conceitos complexos. Os conceitos complexos são aqueles que, ao contrário dos anteriores, não têm exemplos perceptíveis ou, então, têm atributos definidores que não são perceptíveis (Brandwein et al., 1980; Cantu & Herron, 1978). O grau 4 corresponde a temas unificadores e teorias. Os temas unificadores dizem respeito a ideias estruturantes que correspondem a generalizações sobre o mundo aceites pela comunidade científica (Campbell & Reece, 2008). As teorias científicas correspondem a explicações sobre uma ampla variedade de fenómenos relacionados e que já foram sujeitas a testagem significativa (Duschl et al., 2007).

Tabela 3.1.

Excerto do instrumento de caracterização da complexidade dos conhecimentos metacientíficos relativos à dimensão filosófica.

Grau 0	Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4
Não são referidos conhecimentos metacientíficos relativos à dimensão filosófica da ciência.	São referidos conhecimentos metacientíficos de natureza factual relativos à dimensão filosófica da ciência correspondentes a informação concreta, observável ou perceptível.	São referidos conhecimentos metacientíficos simples relativos à dimensão filosófica da ciência correspondentes a conceitos simples, com um nível de abstração baixo e características facilmente perceptíveis.	São referidos conhecimentos metacientíficos complexos relativos à dimensão filosófica da ciência correspondentes a conceitos complexos, com um nível de abstração alto e características não perceptíveis.	São referidos conhecimentos metacientíficos complexos relativos à dimensão filosófica da ciência correspondentes a temas unificadores ou ideias estruturantes e teorias.

Nota. Os instrumentos elaborados para as restantes dimensões da construção da ciência – histórica, psicológica e sociológica (interna e externa) – contêm descritores semelhantes, adaptados às respetivas dimensões. Adaptado de Castro (2015) e de Ferreira e Morais (2014).

Na Tabela 3.2. apresentam-se dois exemplos do documento das Orientações Curriculares de Ciências Naturais do 3.º ciclo do ensino básico (DEB, 2002), com diferentes graus de complexidade dos conhecimentos metacientíficos.

Tabela 3.2.

Exemplos da complexidade dos conhecimentos metacientíficos no currículo de Ciências Naturais do 3.º CEB.

-
- [1] Grau 2 – “A pesquisa de informação sobre o trabalho de cientistas que contribuíram para o conhecimento do organismo humano e para o desenvolvimento de procedimentos médicos e cirúrgicos (Harvey, Pasteur, Egas Moniz, entre outros) pode contribuir para o reconhecimento da Ciência como uma atividade humana influenciada por fatores sociais.” (*Orientações Curriculares 3.º ciclo*, p. 36)
-
- [2] Grau 4 – “[...] a interação Ciência – Tecnologia – Sociedade – Ambiente deverá constituir uma vertente integradora e globalizante da organização e da aquisição dos saberes científicos. [...] Esta vertente assume um sentido duplo no contexto da aprendizagem científica [...] através da compreensão das potencialidades e limites da Ciência e das suas aplicações tecnológicas na Sociedade. Por outro lado, permite uma tomada de consciência quanto ao significado científico, tecnológico e social da intervenção humana na Terra [...]” (*Orientações Curriculares 3.º ciclo*, p. 9)
-

Nota. Adaptado de Castro (2015) e de Ferreira e Morais (2014).

No excerto [1] estão envolvidos conhecimentos simples associados à dimensão histórica e à dimensão sociológica externa, nomeadamente os seguintes: a história da ciência engloba uma sucessão de descobertas e de novos métodos; a investigação científica, bem como a produção de conhecimentos e previsões científicas tem repercussões na sociedade e/ou no ambiente/espécie humana (relação C-S); e a sociedade exerce pressão sobre a ciência, no sentido de esta desenvolver novo conhecimento em resposta aos seus problemas (relação S-C). Deste modo, o excerto foi classificado com grau 2 para ambas as dimensões consideradas. No excerto [2] está envolvido um tema unificador associado à dimensão sociológica externa: existe um ciclo C-T-S que compreende as relações biunívocas que se estabelecem entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade (relação C-T-S). Por isso, o excerto foi classificado com o grau 4.

Na Tabela 3.3. apresentam-se outros exemplos de unidades de análise de manuais de Biologia e Geologia do 10.º ano e a respetiva análise quanto à complexidade dos conhecimentos metacientíficos.

Tabela 3.3.

Exemplos da complexidade dos conhecimentos metacientíficos em manuais de Biologia e Geologia do ensino secundário.

[3]	Grau 1 – “No início da década de 50 do século XX, o microscópio eletrónico permitiu a observação da ultraestrutura de membranas, que surge formada por duas zonas escuras separadas por uma banda clara.” (<i>Manual de Biologia e Geologia</i> , 10.º ano, p. 53)
[4]	Grau 2 – “Investigações posteriores vieram apoiar as conclusões de Engelmann, permitindo estabelecer com mais rigor uma correlação entre o espectro de absorção dos pigmentos fotossintéticos e o espectro de ação da fotossíntese.” (<i>Manual de Biologia e Geologia</i> , 10.º ano, p. 75)
[5]	Grau 3 – “O conhecimento dos componentes químicos das membranas e do comportamento desses constituintes no seio da água foi relevante para os cientistas admitirem modelos sobre a arquitetura dessa formação celular muito antes de ser observada ao microscópio eletrónico.” (<i>Manual de Biologia e Geologia</i> , 10.º ano, p. 52)
[6]	Grau 4 – “As explicações consideradas inserem-se numa linha de pensamento catastrofista. Para alguns cientistas, o desaparecimento dos dinossauros dever-se-ia à queda de um meteorito, cuja cratera de impacto estaria situada junto ao golfo do México. [...] No entanto, outros cientistas, nomeadamente os paleontólogos, afirmam que não é preciso recorrer a estas explicações catastróficas para explicar a extinção dos dinossauros. [...]” (<i>Manual de Biologia e Geologia</i> , 10.º ano, pp. 45-46)

Nota. Adaptado de Castro (2015).

No excerto [3] pode verificar-se que o texto apresentado no manual apela a factos associados à dimensão sociológica externa, já que o excerto se refere exclusivamente a dados que resultam da observação, tendo sido classificado com o grau 1. Neste caso, o conceito metacientífico a que se poderá chegar é o seguinte: o desenvolvimento da tecnologia leva a novas investigações científicas e, conseqüentemente, ao desenvolvimento da ciência (relação T-C). O excerto [4] apresenta conhecimento metacientífico simples ao nível da dimensão filosófica, nomeadamente:

em ciência, para uma mesma teoria explicativa de um determinado fenómeno, podem existir, simultaneamente, factos que a apoiam e factos que não é possível explicar à luz dessa teoria. Foi, assim, classificado com o grau 2.

No caso do excerto [5] é focado conhecimento metacientífico complexo ao nível da dimensão filosófica: a construção do conhecimento científico engloba modelos, ou seja, representações do mundo, através das quais se procura simplificar a realidade para que esta possa ser analisada. A unidade de análise foi classificada com o grau 3. No excerto [6], o texto do manual foca conhecimentos complexos associados à dimensão filosófica, com o maior grau de complexidade (grau 4): o conhecimento científico produzido insere-se em quadros teóricos mais amplos ou temas unificadores. Neste excerto também está presente conhecimento associado à dimensão sociológica interna, mas com um menor grau de complexidade: dentro da comunidade científica existem por vezes teorias diferentes em resposta a um mesmo problema.

No que respeita à análise das relações intradisciplinares no contexto da construção da ciência, foca-se a relação entre conhecimentos científicos e conhecimentos metacientíficos. O instrumento foi construído de modo a possuir uma escala de quatro graus, tendo-se recorrido ao conceito de classificação de Bernstein (1990, 2000). A classificação diz respeito ao estabelecimento de fronteiras mais ou menos acentuadas, neste caso, entre conhecimentos científicos e conhecimentos metacientíficos. Deste modo, o valor extremo da classificação mais forte (Grau 1/C⁺⁺) corresponde a uma situação em que não existe relação entre estes dois tipos de conhecimentos. O valor extremo da classificação mais fraca (Grau 4/C⁻) corresponde a uma situação em que existe uma forte relação entre esses dois tipos de conhecimentos. Na Tabela 3.4. apresenta-se um excerto deste instrumento.

Como se pode verificar na Tabela 3.4., estabeleceu-se que os graus 1 e 2 da escala, correspondentes aos valores mais fortes de classificação (C⁺⁺ e C⁺), referem-se a situações em que não há a relação entre os conhecimentos científicos e metacientíficos. No grau 1 é apenas focado

conhecimento de natureza científica e no grau 2 é focado também conhecimento de natureza metacientífica mas sem estar relacionado com o conhecimento científico. Pelo contrário, os graus 3 e 4, correspondentes a classificações mais fracas (C^- e C^{--}), referem-se a situações em que ocorre relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos com diferentes enfoques no grau 3 e com igual estatuto no grau 4.

Tabela 3.4.

Excerto do instrumento de caracterização da complexidade da relação entre conhecimentos científicos e conhecimentos metacientíficos.

Grau 1 C^{++}	Grau 2 C^+	Grau 3 C^-	Grau 4 C^{--}
Contemplam a aquisição apenas de conhecimentos de natureza científica.	Contemplam a aquisição de conhecimentos de natureza metacientífica, mas não a relação entre estes e os conhecimentos de natureza científica.	Contemplam a aquisição de conhecimentos de natureza metacientífica e também relações entre estes e os conhecimentos de natureza científica, sendo conferido a estes últimos maior estatuto nessa relação.	Contemplam a aquisição de conhecimentos de natureza metacientífica e também relações entre estes e os conhecimentos de natureza científica, sendo conferido a estes dois tipos de conhecimentos igual estatuto nessa relação.

Nota. Adaptado de Castro (2015) e de Ferreira e Morais (2014).

Na Tabela 3.5. apresentam-se exemplos para os graus extremos de complexidade da relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos retirados do documento das Orientações Curriculares de Ciências Naturais do 3.º ciclo do ensino básico (DEB, 2002). O excerto [7] envolve apenas conhecimento científico sobre os fatores abióticos e bióticos, pelo que foi classificado com o grau 1. No caso do excerto [8], classificado com o grau 4, há uma relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos em que ambos têm igual estatuto.

Tabela 3.5.

Exemplos da complexidade da relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos no currículo de Ciências Naturais do 3.º CEB.

-
- [7] Grau 1/C⁺⁺ – “A questão ‘Como interagem os seres vivos com o ambiente?’ pressupõe que os alunos compreendam que do ambiente fazem parte não só as condições físico-químicas, mas também todos os fatores que interatuam com os seres vivos em causa – fatores abióticos e bióticos.” (*Orientações Curriculares 3.º ciclo*, p. 23)
-
- [8] Grau 4/C⁻ – “A vivência de situações diferenciadas em sala de aula, a discussão de assuntos controversos, a condução de investigação pelos alunos, o envolvimento em projetos interdisciplinares (realizações que implicam a seleção de informação e comunicação de resultados) conduzem, de uma forma mais completa, à compreensão do que é a Ciência.” (*Orientações Curriculares 3.º ciclo*, p. 8)
-

Nota. Adaptado de Castro (2015) e de Ferreira e Morais (2014).

Na Tabela 3.6. apresentam-se exemplos para cada um dos graus de complexidade da relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos do programa de Biologia e Geologia do 10.º ano do ensino secundário (DES, 2001).

No excerto [9], a metodologia apela apenas a conhecimento científico, pelo que foi avaliada com o grau 1 (classificação muito forte). No excerto [10] está presente conhecimento metacientífico relativo à dimensão filosófica, mas não a sua relação com o conhecimento científico (Grau 2/C⁺). A orientação metodológica do excerto [11] foi classificada com o grau 3 porque apela à relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos, nomeadamente à relação entre ciência e tecnologia, ao nível da dimensão sociológica externa, mas é o conhecimento científico sobre os organitos celulares que tem um estatuto mais elevado. O excerto [12] apela a uma relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos com igual estatuto, ao nível da dimensão filosófica. Este excerto foi, assim, avaliado com o grau 4 (classificação muito fraca).

Tabela 3.6.

Exemplos da complexidade da relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos do programa de Biologia e Geologia do ensino secundário.

[9]	Grau 1/C ⁺⁺ – “Relacionar as estruturas respiratórias dos animais com a sua complexidade e adaptação ao meio.” (<i>Programa de Biologia e Geologia</i> , 10.º ano, p. 85)
[10]	Grau 2/C ⁺ – “Valorização do registo sistemático de dados durante os trabalhos de campo.” (<i>Programa de Biologia e Geologia</i> , 10.º ano, p. 85)
[11]	Grau 3/C ⁻ – “Relembrar os organitos celulares utilizando esquemas e referir a mitocôndria como organito indispensável ao processo de respiração aeróbia. Explorar o facto destes organitos não terem sido observados em trabalhos práticos anteriores e discutir a necessidade de recorrer a outros instrumentos óticos com maior poder de resolução e de ampliação que serão, eventualmente, alvo de ulteriores estudos.” (<i>Programa de Biologia e Geologia</i> , 10.º ano, p. 6)
[12]	Grau 4/C ^{- -} – “Assim, no final do 11.º ano, espera-se que os alunos se tenham apropriado dos conceitos fundamentais inerentes aos sistemas vivos que constituem, afinal, o objeto de estudo da Biologia; deseja-se que tenham reforçado algumas capacidades e competências próprias das ciências, em particular da Biologia [...]” (<i>Programa de Biologia e Geologia</i> , 10.º ano, p. 66)

Nota. Adaptado de Castro (2015).

Quanto à complexidade das capacidades metacientíficas, o instrumento de análise contém seis graus de complexidade. Esses graus têm sido definidos com base em diferentes taxonomias de categorização das capacidades cognitivas, de que, no estudo de Castro (2015), é exemplo a taxonomia revista de Bloom (Anderson et al., 2001). Na Tabela 3.7. apresenta-se um excerto deste instrumento. Importa salientar que foram consideradas como capacidades metacientíficas os processos mentais de diferentes níveis de complexidade, consoante as etapas envolvidas (Marzano & Kendall, 2007). Neste âmbito, esses processos mentais relacionam-se com conhecimentos inerentes à natureza da ciência, tendo sido associados às diferentes dimensões da construção da ciência preconizadas por Ziman (1984).

Tabela 3.7.

Excerto do instrumento de caracterização da complexidade das capacidades metacientíficas relativos à dimensão filosófica.

Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4	Grau 5	Grau 6
São referidas capacidades, ao nível da categoria memorizar, relativas à dimensão filosófica.	São referidas capacidades, ao nível da categoria compreender, relativas à dimensão filosófica.	São referidas capacidades, ao nível da categoria aplicar, relativas à dimensão filosófica.	São referidas capacidades, ao nível da categoria analisar, relativas à dimensão filosófica.	São referidas capacidades, ao nível da categoria avaliar, relativas à dimensão filosófica.	São referidas capacidades, ao nível da categoria criar, relativas à dimensão filosófica.

Nota. Os instrumentos elaborados para as restantes dimensões da construção da ciência – histórica, psicológica e sociológica (interna e externa) – contêm descritores semelhantes, adaptados às respetivas dimensões. Adaptado de Castro (2015).

Na Tabela 3.8. apresentam-se dois exemplos de unidades de análise do documento das Orientações Curriculares de Ciências Naturais do 3.º ciclo (DEB, 2002) e a respetiva análise quanto à complexidade das capacidades metacientíficas.

Tabela 3.8.

Exemplos da complexidade das capacidades metacientíficas no currículo de Ciências Naturais do 3.º CEB.

[13]	Grau 2 – “No âmbito do estudo desta temática podem também ser realizadas atividades experimentais para a observação, por exemplo, da influência da luz no desenvolvimento das plantas.” (<i>Orientações Curriculares 3.º ciclo</i> , p. 23)
[14]	Grau 5 – “Propõe-se a análise e debate de relatos de descobertas científicas, nos quais se evidenciem êxitos e fracassos, persistência e modos 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.” (<i>Orientações Curriculares 3.º ciclo</i> , p. 5)

Nota. Adaptado de Castro (2015) e de Ferreira e Morais (2014).

No excerto [13], está envolvida uma capacidade metacientífica ao nível da dimensão filosófica da categoria compreender, nomeadamente: recolher e/ou organizar e/ou interpretar dados de natureza diversa. Assim, a

unidade de análise foi classificada com o grau 2. No excerto [14], com enfoque na dimensão histórica (apesar de estarem envolvidas outras dimensões da construção da ciência) ao nível das categorias analisar e avaliar surgem as seguintes capacidades metacientíficas: analisar e debater relatos de descobertas científicas e de outros episódios da história da ciência; e ponderar argumentos sobre assuntos controversos que surgiram ao longo dos tempos no âmbito do conhecimento científico. Deste modo, esta orientação metodológica foi classificada com o grau 5. É de salientar que numa determinada unidade de análise podem surgir capacidades associadas a diferentes dimensões da construção da ciência e cada uma dessas capacidades deve ser analisada.

Na Tabela 3.9. apresentam-se exemplos de diferentes graus de complexidade das capacidades metacientíficas do programa de Biologia e Geologia do 10.º ano do ensino secundário (DES, 2001).

Tabela 3.9.

Exemplos da complexidade das capacidades metacientíficas do programa de Biologia e Geologia do ensino secundário.

-
- [15] Grau 2 – “O reforço das capacidades de abstração, experimentação, trabalho em equipa, ponderação e sentido de responsabilidade permitirá o desenvolvimento de competências que caracterizam a Biologia como Ciência.” (*Programa de Biologia e Geologia*, 10.º ano, p. 78)
-
- [16] Grau 3 – “Identificar seres vivos a partir de dados obtidos com a ajuda de instrumentos de laboratório e/ou pesquisa bibliográfica.” (*Programa de Biologia e Geologia*, 10.º ano, p. 78)
-
- [17] Grau 4 – “Interpretação de dados experimentais relativos ao rendimento energético dos processos de fermentação e de respiração anaeróbia, bem como às trocas gasosas dependentes dos mecanismos de abertura e fecho dos estomas.” (*Programa de Biologia e Geologia*, 10.º ano, p. 84)
-
- [18] Grau 6 – “No estudo dos processos de transporte ao nível da membrana celular, suas características, potencialidades e limitações, a ultraestrutura da membrana e a natureza das substâncias a transportar devem servir como fio articulador e integrador. O estudo destes conteúdos proporciona a planificação e execução de atividades laboratoriais simples, pelos alunos, que podem ser concebidas com diferentes graus de abertura.” (*Programa de Biologia e Geologia*, 10.º ano, p. 81)
-

Nota. Adaptado de Castro (2015).

No excerto [15], apela-se ao trabalho em equipa, pelo que está presente a dimensão sociológica interna ao nível da categoria compreender (compreender a importância do trabalho em equipa no domínio da investigação científica). Esta unidade de análise foi classificada com o grau 2. O excerto [16] foi classificado com o grau 3, uma vez que sobressai a dimensão filosófica ao nível da categoria aplicar: recolher e/ou organizar e/ou interpretar dados de natureza diversa. No excerto [17], a metodologia sugerida apela a capacidades associadas à dimensão filosófica ao nível da categoria analisar, pela interpretação de dados experimentais (Grau 4). Finalmente, no excerto [18] as metodologias sugeridas apelam a capacidades metacientíficas associadas à dimensão filosófica ao nível da categoria criar, nomeadamente: planear procedimentos investigativos/experimentais para testar hipóteses. A atribuição do grau 6 a este excerto está relacionada com o facto de as atividades poderem ter diferentes graus de abertura e, no caso de serem muito abertas, apresentarem um maior grau de complexidade.

Através dos excertos dos instrumentos apresentados é, assim, possível proceder à análise da construção da ciência em diferentes textos e contextos. São diversos os estudos realizados pelo Grupo ESSA que podem ser indicados. Por exemplo, os princípios gerais e os princípios específicos de currículos foram investigados por Ferreira e Morais (2014) no 3.º ciclo e estão a ser investigados por Castro (2015) ao nível do ensino secundário; e os manuais escolares e as práticas pedagógicas foram investigados, respetivamente, nos estudos de Calado e Neves (2014) e de Alves e Morais (2014). Os processos de recontextualização foram também investigados, sendo transversais a todos esses estudos.

Análise de currículos e de manuais escolares – Workshop

De acordo com investigação recente realizada pelo Grupo ESSA (ex., Castro, 2015), o conceito de exigência conceptual, desenvolvido por Morais & Neves (2012), tem também sido aplicado na análise de conhecimentos e capacidades associados à construção da ciência. Assim, essa análise envolve a conceptualização de *o que* – complexidade dos conhecimentos e das capacidades metacientíficos – e de *o como* – grau de

relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos (Figura 3.7.). Este nível de exigência conceptual pode ser analisado em diferentes textos pedagógicos, nomeadamente os programas curriculares e os manuais escolares (ex., Castro, 2015; Ferreira & Morais, 2014). A análise do nível de exigência conceptual dos programas configura-se de grande importância, quer para os professores, quer para os autores dos manuais, já que estes, embora fazendo uma recontextualização desses programas, se constituem fundamentalmente como reprodutores do discurso pedagógico oficial que eles contêm. Também a análise do nível de exigência conceptual dos manuais escolares pode revelar-se de grande importância para os professores, uma vez que nas suas práticas pedagógicas o grau de recontextualização daquilo que é preconizado nos programas depende também, entre outros fatores, dos manuais escolares em que se baseiam.

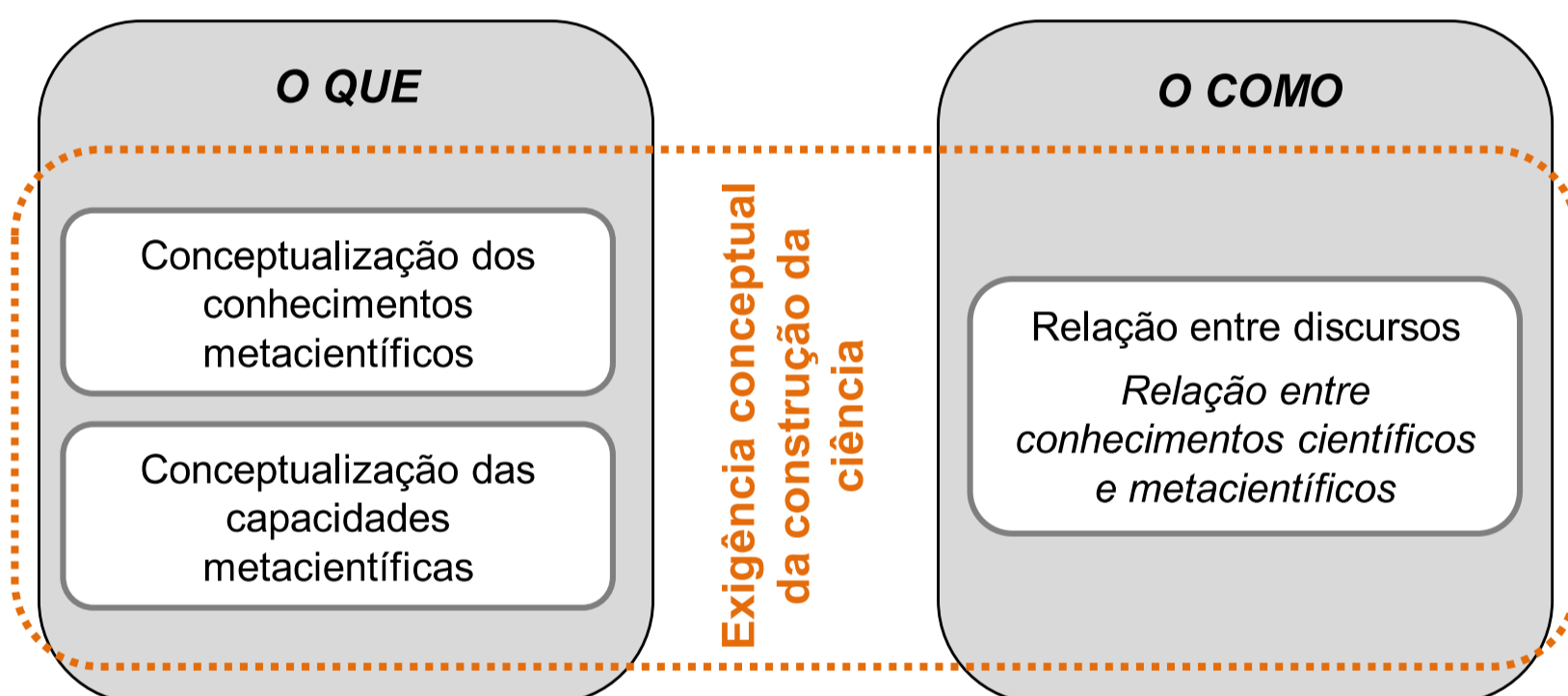


Figura 3.7. Parâmetros de exigência conceptual no âmbito da construção da ciência (adaptado de Morais & Neves, 2012 e de Castro, 2015).

Este *workshop* centra-se na análise da exigência conceptual ao nível da construção da ciência num excerto do programa de Biologia e Geologia do 11.º ano (DES, 2003) e numa atividade de um manual da mesma disciplina (Silva et al., 2009), ambos relativos à temática da evolução biológica. Para tal, recorre-se a instrumentos de análise produzidos no âmbito de alguns estudos realizados pelo Grupo ESSA (ex., Castro, 2006, 2015; Ferreira & Morais, 2014), previamente apresentados.

Desenvolvimento do *workshop*

Parâmetros e instrumentos de análise. O excerto selecionado do programa de Biologia e Geologia do 11.º ano (DES, 2003) insere-se na Unidade 7 – *Evolução Biológica*. Nesta, tal como nas outras unidades temáticas, os objetivos a atingir encontram-se organizados em diferentes conjuntos, nomeadamente *Conteúdos procedimentais* e *Conteúdos atitudinais*, sendo também apresentada uma secção de *Sugestões metodológicas*, que integra propostas de abordagem/exploração da temática em causa, em contexto de sala de aula. Para a análise a realizar no âmbito do *workshop* foram selecionados um objetivo integrado nos *Conteúdos procedimentais*, três objetivos integrados nos *Conteúdos atitudinais* e uma proposta de abordagem/exploração constante das *Sugestões metodológicas* (Tabela 3.13.). Cada um desses objetivos, bem como a proposta de exploração, representa uma unidade de análise.

A atividade selecionada no manual de Biologia e Geologia do 11.º ano vai ao encontro de um objetivo integrado nos *Conteúdos procedimentais* da Unidade 7 – *Evolução Biológica* e de dois objetivos que constam dos *Conteúdos atitudinais* da mesma unidade temática (Figura 3.8.). Estes dois últimos fazem parte do excerto do programa analisado. No caso da análise da natureza e do grau de conceptualização dos conhecimentos metacientíficos, cada questão da atividade, sem considerar as propostas de correção, é considerada como uma unidade de análise. No caso da avaliação do grau de relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos a atividade é tomada, na sua globalidade, como uma unidade de análise.

No âmbito deste *workshop* e tendo em consideração o tempo disponível, a análise da exigência conceptual ao nível de *o que* está centrada apenas nos conhecimentos metacientíficos e consiste na caracterização dos conhecimentos referentes à construção da ciência que são contemplados no excerto do programa e na atividade do manual. Analisa-se, por um lado, a natureza desses conhecimentos, ou seja, a que dimensão da construção da ciência pertencem, de acordo com a teorização de Ziman (1984) e, por outro lado, o seu nível de conceptualização. Quanto à análise

de *o como*, considera-se o grau de relação entre conhecimentos científicos e conhecimentos metacientíficos, enquanto traduzindo uma relação entre discursos de natureza intradisciplinar dado que correspondem a conhecimentos dentro da mesma disciplina.

Competência procedimental

Comparar e avaliar os modelos explicativos do aparecimento dos organismos unicelulares eucariontes.

Competências atitudinais

Valorizar o conhecimento da história da ciência para compreender as perspectivas actuais.

Reconhecer o carácter provisório dos conhecimentos científicos, bem como a importância epistemológica das hipóteses.

Resolvendo...

1. Ivan Wallin usou dados sobre o registo fóssil, enquanto que Margulis observou directamente os microrganismos, recorrendo ao microscópio.
2. Pelo facto destes organitos não conterem DNA e por não terem semelhanças ultra-estruturais com os seres procariontes.
3. As hipóteses e teorias elaboradas pelos cientistas sofrem modificações ao longo do tempo, fruto da evolução da tecnologia e da própria ciência, constituindo um conjunto de conhecimentos provisórios que são constantemente ajustados a novas realidades.
4. As teorias apresentadas não estavam suportadas por fortes evidências experimentais, mas o facto de levantarem hipóteses credíveis foram alvo de estudo e discussão entre a comunidade científica, contribuindo para o avanço significativo da ciência.
5. A ciência e a tecnologia são pilares do desenvolvimento científico sendo imprescindíveis para o seu desenvolvimento. Apenas com um microscópio electrónico Margulis e outros cientistas observaram com detalhe a ultra-estrutura dos organitos, essencial para a elaboração da teoria da endossimbiose.
6. O desenvolvimento de técnicas de análise de DNA que permitiram na década de 80 obter dados importantes para validar a teoria endossimbótica.

CTS&A

1

Modelo endossimbótico: uma perspectiva histórica

O biólogo norte-americano Ivan Wallin foi o primeiro cientista a afirmar, em 1920, que as mitocôndrias eram originárias de bactérias. No entanto, este cientista não foi capaz de apresentar todas as evidências científicas. As suas ideias foram refutadas e mesmo ridicularizadas. Os principais críticos da época consideravam que a evolução por simbiose era tão improvável como a deriva continental, que foi apresentada durante a década de 20! Na década de 60, Lynn Margulis recuperou algumas ideias de Wallin e outros cientistas e publicou um artigo teórico sobre a origem das células eucarióticas. O artigo foi recusado por quinze revistas científicas e publicado no *The Journal of Theoretical Biology*, sendo considerado actualmente um dos mais importantes artigos da Biologia.

Para formular a sua teoria baseou-se em observações directas de microrganismos, em vez dos dados paleontológicos de Wallin. Margulis também sugeriu que o flagelo e cílios das células eucarióticas poderiam ter sido originários da simbiose com uma espiroqueta. No entanto, como os cílios não possuem DNA, e não possuem uma ultra-estrutura semelhante aos dos microrganismos que propôs, as suas conclusões não foram aceites pela comunidade científica da época.

A teoria da endossimbiose, formulada em 1967, realça a interdependência e a simbiose de múltiplos organismos procariontes. Estes podem ter entrado na célula hospedeira por ingestão ou enquanto parasitas. Com o tempo, teriam evoluído para uma relação mutuamente benéfica que se tornou mais tarde numa simbiose obrigatória. Esta cientista sugeriu ainda que a endossimbiose é uma das principais forças no processo evolutivo, tendo afirmado: "Os seres vivos não ocuparam o mundo pela força, mas por cooperação". Esta teoria foi suportada a partir da década de 80 pelo desenvolvimento das técnicas de análise de DNA, que permitiram estudar com detalhe o DNA mitocondrial e cloroplastidial. Os cientistas constataram que o material genético dos organitos é distinto do material nuclear e semelhante ao material genético dos microrganismos. A análise do genoma de organismos superiores, como por exemplo o Homem, permitiu detectar a existência de porções de material genético microbiano inserido em alguns cromossomas. Estes dados reforçam a teoria da endossimbiose.



8 Lynn Margulis.

1. Quais as principais diferenças nos dados usados por Wallin e Margulis?
2. Porque razão algumas das explicações para a origem dos cílios e flagelos não reúnem apoio na comunidade científica?
3. Em que medida os exemplos apresentados permitem perspectivar a ciência enquanto conjunto de conhecimentos provisórios?
4. Nem sempre as teorias formuladas são suportadas por fortes evidências científicas. Comente este facto com exemplos do texto, apontando a importância das hipóteses que foram sendo levantadas.
5. O microscópio electrónico desenvolvido na década de 50 foi um dos instrumentos utilizados por Margulis para observar a estrutura das células. Baseado neste exemplo, refira a importância da tecnologia no desenvolvimento do conhecimento científico.
6. Aponte um outro exemplo em que seja possível constatar a relação entre a ciência e a tecnologia.

Figura 3.8. Atividade apresentada num manual de Biologia e Geologia do 11.º ano de escolaridade (Silva et al., 2009).

Para essa análise recorre-se a instrumentos destinados à análise da natureza e do grau de conceptualização dos conhecimentos metacientíficos e à análise do grau de relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos. O instrumento, do qual se apresenta um excerto na Tabela 3.10., serviu como referencial de análise dos conhecimentos metacientíficos, quanto à dimensão da construção da ciência que contemplam e quanto ao seu grau de complexidade.

Tabela 3.10.

*Excerto do instrumento referencial dos conhecimentos metacientíficos relativos à dimensão filosófica da ciência.*⁴

CONHECIMENTOS SIMPLES (Factos generalizados e conceitos simples)	CONHECIMENTOS COMPLEXOS (Conceitos complexos e temas unificadores/teorias)
DIMENSÃO FILOSÓFICA	
Ciência enquanto processo dinâmico de construção do conhecimento que engloba metodologias diversas	
<ol style="list-style-type: none"> 1- A construção do conhecimento científico é feita com recurso a métodos e princípios fundamentados na recolha, organização e interpretação de dados obtidos por métodos diversos. 2- O trabalho prático/experimental/laboratorial ou de campo obedece a regras de segurança e de natureza ética. 3- Uma hipótese consiste numa teoria ou numa formulação provisória, com vista a dar resposta a um determinado problema científico. 4- Podem existir diferentes hipóteses em resposta ao mesmo problema que, através da testagem e/ou da análise de dados recolhidos a partir da realidade envolvente, podem vir a ser apoiadas ou refutadas. 5- A ciência evolui em constante interrogação dos seus modelos e teorias, que vão sendo constantemente reformulados. 6- São usados conhecimentos de várias áreas científicas na construção de teorias e modelos científicos. 7- Em Ciência, novos dados conduzem à reformulação de conceitos e de teorias. 	<ol style="list-style-type: none"> 8- A construção do conhecimento científico engloba modelos, ou seja, representações do mundo, através das quais se procura simplificar a realidade para que esta possa ser analisada. 9- Todo o conhecimento científico é falível, isto é, só é válido enquanto não for refutado pela experiência e, por conseguinte, o conhecimento científico não se assume como absoluto, mas apenas como progressivo. 10- O conhecimento científico produzido insere-se em quadros teóricos mais amplos ou temas unificadores. 11- As teorias científicas constituem modelos imaginativos, por vezes suportados apenas por dados observacionais e assunções lógicas, que tem um grande poder explicativo e capacidade de previsão sobre a realidade.

Nota: Adaptado de Castro (2015) e de Ferreira e Morais (2014).

⁴ O instrumento referencial contém descritores adaptados às outras dimensões da construção da ciência – histórica, psicológica e sociológica (interna e externa).

O instrumento de análise do grau de conceptualização dos conhecimentos metacientíficos, quando se considera cada uma das dimensões da construção da ciência, contém quatro graus e baseou-se em Cantu e Herron (1978) e em Brandwein e colaboradores (1980) (ver excerto do instrumento na Tabela 3.1.).

Para a avaliação do grau de relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos foi utilizado um instrumento baseado no conceito de classificação de Bernstein (1990), cujo excerto se apresentou na Tabela 3.4. Destaca-se que a classificação está relacionada com o estabelecimento de fronteiras mais ou menos acentuadas, neste caso, entre conhecimentos científicos e conhecimentos metacientíficos.

Análise dos textos. Procede-se à análise do excerto do programa de Biologia e Geologia do 11.º ano e da atividade do manual com vista à categorização das dimensões da exigência conceptual anteriormente explicitadas, recorrendo aos instrumentos que permitem a sua caracterização. Os textos já se encontram organizados em unidades de análise. Como referido anteriormente, por limitações de tempo, as análises sobre *o que* incidem apenas nos conhecimentos metacientíficos, não sendo avaliada a natureza e conceptualização das capacidades metacientíficas presentes nos textos. No que se refere à atividade do manual, é de sublinhar que a análise se centra nas questões apresentadas e não nas propostas de correção e que a avaliação do grau de relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos é feita de forma global para o conjunto de questões. Salienta-se ainda que, quando num mesmo excerto, e relativamente a uma mesma dimensão da construção da ciência (Ziman, 1984), estão presentes conhecimentos com diferentes níveis de conceptualização, considera-se a conceptualização que essa dimensão da construção da ciência assume no excerto correspondente ao maior grau de complexidade verificado. Após a análise pelos diferentes grupos, em cerca de 60 minutos, passa-se à sua discussão geral.

Discussão da análise dos textos. Procede-se à discussão geral da análise, colocando-se em confronto a análise efetuada pelos diferentes grupos, de modo a chegar-se a uma avaliação consensual. Com base nessa discussão,

bem como na análise que o grupo responsável por este *workshop* efetuou, chegou-se, no caso do programa, aos resultados apresentados na Tabela 3.11.

Tabela 3.11.

Proposta de análise do excerto do programa de Biologia e Geologia do 11.º ano.

Unidade 7 – Evolução biológica Extrato de texto	Análise		
	Dimensões da construção da ciência e respetivos conhecimentos	Complexidade dos CM	Relações entre CC e CM
[1] Discutir a origem da multicelularidade tendo em conta a progressiva especialização morfofisiológica dos seres coloniais. (Conteúdos procedimentais, p. 11)	<i>Não tem conhecimento metacientífico.</i>	Grau 0	Grau 1 (C ⁺⁺)
[2] Valorização do conhecimento da história da ciência para compreender as perspetivas atuais. (Conteúdos atitudinais, p. 11)	DH: O processo de construção da ciência contempla a evolução histórica de conceitos e de modelos teóricos. Os métodos de estudo têm vindo a evoluir, promovendo, assim o desenvolvimento do conhecimento científico.	DH – Grau 2	Grau 4 (C ⁻)
[3] Reconhecimento do carácter provisório dos conhecimentos científicos, bem como da importância epistemológica das hipóteses. (Conteúdos atitudinais, p. 11)	DF: Uma hipótese consiste numa teoria ou numa formulação provisória, com vista a dar resposta a um determinado problema científico. Podem existir diferentes hipóteses em resposta ao mesmo problema que, através da testagem e/ou da análise de dados recolhidos a partir da realidade envolvente, podem vir a ser apoiadas ou refutadas. Todo o conhecimento científico é falível, i.e., só é válido enquanto não for refutado pela experiência e, por conseguinte, o conhecimento científico não se assume como absoluto, mas apenas como progressivo.	DF – Grau 3 (opta-se pelo maior grau de complexidade)	Grau 2 (C ⁺)
[4] Reconhecimento de que o avanço científico-tecnológico é condicionado por contextos (ex. socioeconómicos, religiosos, políticos...), geradores de controvérsias, que podem dificultar o estabelecimento de posições consensuais. (Conteúdos atitudinais, p. 11)	DH: O processo de construção da ciência é influenciado pelo contexto cultural, social, político e económico da época. A história da ciência é marcada por controvérsias que dividem os cientistas e a sociedade. DSE:	DH – Grau 2 DSE – Grau 4 (opta-se pelo maior grau de complexidade)	Grau 2 (C ⁺)

	<p>A aceitação social de novas teorias está dependente do contexto e ideologias de cada época – relação S-C.</p> <p>As controvérsias sociocientíficas são despoletadas pelos eventuais impactos sociais de inovações científicas e tecnológicas, que dividem tanto a comunidade científica como a sociedade em geral, envolvendo cientistas, decisores políticos e grupos de cidadãos – relação C-T-S.</p>		
<p>[5] Organização de atividades de pesquisa e discussão orientadas por questões, como por exemplo: “Como explicar a diversidade dos seres vivos? De que modo esta diversidade variou ao longo do tempo? Que interpretações têm sido avançadas?” A gestão dos trabalhos de pesquisa deve assegurar a análise e interpretação de dados relativos ao evolucionismo e argumentos que o sustentam, aproveitando para enfatizar os contributos da tecnologia e de outras áreas de saber – Física, Química, Geologia,... – na construção dos conhecimentos científicos. (Sugestões metodológicas, p. 11)</p>	<p>DF: São usados conhecimentos de várias áreas científicas na construção de teorias e modelos científicos.</p> <p>DSE: O desenvolvimento da tecnologia leva a novas investigações científicas e, conseqüentemente, ao desenvolvimento da ciência – relação T-C.</p>	<p>DF – Grau 2 DSE – Grau 2</p>	<p>Grau 3 (C)</p>

Legenda. CM- conhecimentos metacientíficos; CC- conhecimentos científicos; DH- Dimensão histórica; DF- Dimensão filosófica; DSE- Dimensão sociológica externa.

A análise da conceptualização dos conhecimentos metacientíficos no excerto do programa (Tabela 3.11.) permite verificar que os que dizem respeito à dimensão histórica da ciência revelam um nível conceptual mais baixo do que os que se relacionam com as dimensões filosófica e sociológica externa da ciência. De facto, enquanto todos os conhecimentos relativos à história da ciência correspondem a conceitos simples, com baixo nível de abstração (grau 2), no que se refere às metodologias e sociologia externa da ciência, para além de conceitos simples, também foram encontrados conhecimentos complexos, com um elevado nível de abstração: conceitos complexos (grau 3) e ideias estruturantes (grau 4).

No que se refere à relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos, outro dos aspetos em análise, verificam-se diferentes graus no extrato do programa (Tabela 3.11.). Estes vão desde a

classificação mais forte (C^{++} /Grau 1), em que não há sequer referência a conhecimentos metacientíficos, até à classificação mais fraca (C^{-} /Grau 4), em que não só é estabelecida relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos, como é atribuído igual estatuto a esses dois tipos de conhecimentos nessa relação.

A delimitação das unidades de análise a ter em consideração na avaliação, quer da natureza e conceptualização dos conhecimentos metacientíficos, quer do grau de relação entre estes e os conhecimentos científicos, é um dos aspetos que deve ser acautelado na análise de programas. No caso da avaliação do grau de relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos em excertos do programa que apenas contemplam conhecimento metacientífico, essas unidades de análise podem ser consideradas no conjunto dos conhecimentos científicos que integram cada unidade temática. No entanto, por restrições diversas, os excertos 3 e 4, que contemplam apenas conhecimentos metacientíficos, não foram considerados integrados no conjunto dos conhecimentos científicos da sua unidade temática para a análise da intradisciplinaridade. Foi-lhes assim atribuída uma classificação forte, de grau 2 (Tabela 3.11.), que pressupõe que estes excertos contemplam conhecimentos metacientíficos, mas não a relação entre estes e os conhecimentos científicos que integram a respetiva unidade temática.

É de salientar que, tendo-se selecionado um pequeno excerto de uma unidade temática do programa de Biologia e Geologia do 11.º ano, a análise desse texto não permite aferir quanto ao nível de exigência conceptual da globalidade do programa. No entanto, estes resultados vêm ao encontro de outros obtidos em estudos realizados pelo Grupo ESSA (ex., Castro, 2015), focados noutros textos pedagógicos, que também revelaram uma maior conceptualização da dimensão filosófica da ciência relativamente às outras dimensões da construção da ciência, bem como um baixo grau de relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos.

No caso da atividade do manual (Figura 3.8.), os resultados da análise estão apresentados na Tabela 3.12. Pode verificar-se que o nível de conceptualização dos conhecimentos metacientíficos relativos à dimensão

filosófica é mais elevado do que o que se verifica relativamente às outras dimensões da construção da ciência. Ao nível dessas dimensões são contemplados apenas conceitos simples, enquanto que no âmbito das metodologias da ciência, para além desses, também há referência a conceitos complexos. Há, no entanto, a assinalar que a análise da atividade incidiu apenas nos conhecimentos metacientíficos visados nas questões, não tendo sido consideradas as capacidades metacientíficas, cujo grau de complexidade também contribui para o nível de exigência conceptual da atividade. O grau de relação entre ciência e metaciência, avaliado no conjunto das questões que constituem atividade, é elevado, correspondendo à classificação mais fraca (C⁻/Grau 4).

Tabela 3.12.

Proposta de análise da atividade do manual de Biologia e Geologia do 11.º ano.

Análise			
Atividade	Dimensões da construção da ciência e respetivos conhecimentos	Complexidade dos CM	Relações entre CC e CM
Questão 1	<i>Não tem conhecimento metacientífico.</i>	Grau 0	Grau 4 (C ⁻)
Questão 2	DSI: Dentro da comunidade científica existem por vezes teorias diferentes em resposta a um mesmo problema.	DSI – Grau 2	
Questão 3	DF: A ciência evolui em constante interrogação dos seus modelos e teorias, que vão sendo constantemente reformuladas. Todo o conhecimento científico é falível, i.e., só é válido enquanto não for refutado pela experiência e, por conseguinte, o conhecimento científico não se assume como absoluto, mas apenas como progressivo.	DF – Grau 3 (opta-se pelo maior grau de complexidade)	
Questão 4	DF: As teorias científicas constituem modelos imaginativos, por vezes suportados apenas por dados observacionais e assunções lógicas, que tem um grande poder explicativo e capacidade de previsão sobre a realidade.	DF – Grau 3	
Questão 5	DSE: O desenvolvimento da tecnologia leva a novas investigações científicas e, conseqüentemente, ao desenvolvimento da ciência – relação T-C.	DSE – Grau 2	
Questão 6	DSE: O desenvolvimento da tecnologia leva a novas investigações científicas e, conseqüentemente, ao desenvolvimento da ciência – relação T-C.	DSE – Grau 2	

Legenda. CM- conhecimentos metacientíficos; CC- conhecimentos científicos; DH- Dimensão histórica; DF- Dimensão filosófica; DSE- Dimensão sociológica externa.

Há ainda a referir um aspeto que é passível de colocar alguns constrangimentos na realização da atividade (Figura 3.8.) e que ilustra o que, por vezes, acontece na elaboração das questões de avaliação: a pergunta não é adequada à resposta pretendida. Por exemplo, na questão 2, apesar de se apelar à inter-relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos, a proposta de correção apenas contempla conhecimento científico, pelo que a resposta está incompleta, já que não considera essa interligação. Pelo contrário, na questão 3, a proposta de correção apresentada excede o que é considerado na pergunta. Atendendo à questão, somente se pode considerar a dimensão filosófica mas, na resposta, também é feita referência à dimensão sociológica externa, mais concretamente à relação entre a ciência e a tecnologia.

O conjunto das análises permitiu verificar que as dimensões da construção da ciência que mais se destacam são as dimensões histórica, filosófica e sociológica externa no excerto do programa e as dimensões filosófica e sociológica externa na atividade do manual. Estes resultados vêm ao encontro dos verificados em estudos que têm vindo a ser realizados pelo grupo ESSA (ex., Castro, 2015; Ferreira & Morais, 2014), de acordo com os quais as dimensões psicológica e sociológica interna são as que se encontram menos representadas nos programas e nos manuais escolares.

Verifica-se que este tipo de análise é passível de levantar algumas dificuldades, sobretudo no que se refere à categorização e avaliação do nível de conceptualização dos conhecimentos metacientíficos, o que se deve também às limitações de tempo disponível. Uma consulta mais detalhada do instrumento referencial dos conhecimentos metacientíficos (Tabela 3.10.), permitindo uma maior familiarização com a sua aplicação a diferentes tipos de textos, facilitará com certeza este tipo de análise, assim como a sua validação com outros investigadores.

Considerações finais

Através deste *workshop* é possível constatar que os instrumentos utilizados permitem analisar textos quanto ao nível de exigência conceptual sobre *o que* e sobre *o como* da construção da ciência, em

programas curriculares e em manuais escolares. Neste sentido, podem revelar-se muito úteis para os professores, já que é importante que estes disponham de ferramentas que lhes permitam avaliar a melhor forma de adaptarem os diferentes tipos de textos pedagógicos aos contextos de específicos da sua prática. Este processo passa desejavelmente pela avaliação do nível conceptual das aprendizagens que pretendem promover. Para além disso, atendendo a que os manuais escolares de uma dada disciplina representam a reprodução do discurso pedagógico oficial contido no programa dessa mesma disciplina, é importante que os professores possam comparar o nível de exigência conceptual preconizado nesses dois tipos de texto pedagógico. Esse confronto de dados poderá contribuir para minimizar o problema do baixo grau de explicitação dos programas relativamente à construção da ciência, revelado em diversos estudos do Grupo ESSA (ex., Castro, 2006; Ferreira & Morais, 2014) e contribuir para aumentar as possibilidades de compreensão, por parte dos professores, do que é preconizado nos programas e reproduzido nos manuais relativamente aos conteúdos metacientíficos.

De acordo com o conceito de exigência conceptual desenvolvido por Neves e Morais (2012), adaptado às dimensões da construção da ciência, promover a exigência conceptual a esse nível implica aumentar a conceptualização dos conhecimentos e das capacidades metacientíficas e promover a relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos. Esta promoção da exigência conceptual ao nível da construção da ciência pode comportar alguns constrangimentos, já que exige, da parte dos professores, formação adequada nesta área. Neste sentido, os instrumentos de análise utilizados neste *workshop*, ao permitirem avaliar esses aspetos da construção da ciência, podem contribuir para atenuar essas dificuldades, constituindo-se como um importante recurso de apoio ao trabalho dos professores. Para além disso, o trabalho desenvolvido neste *workshop* permite ainda constatar as potencialidades da conceptualização de Ziman (1984) na análise da construção da ciência em textos pedagógicos.

Resultados da investigação

Na sequência da plenária dedicada à conceptualização da construção da ciência (ver fundamentos e modelos de análise) e do trabalho desenvolvido no *workshop* relativo à análise desta vertente em currículos e manuais escolares, segue-se a apresentação de alguns resultados de uma investigação realizada ao nível do programa e dos manuais escolares de Biologia e Geologia do 10.º ano (Castro, 2015).

A problemática da construção da ciência nos programas curriculares e nos manuais escolares tem vindo a ser amplamente contemplada em diversos estudos (ex., Ferreira & Morais, 2014). O mesmo se passa com a problemática dos processos de recontextualização que se verificam quando se passa dos programas para os manuais, bem como dentro dos próprios programas (ex., Calado & Neves, 2014). Foi neste enquadramento que emergiu o problema geral de investigação que está na origem do estudo que se apresenta.

Esquema geral da investigação

Este estudo centra-se no discurso pedagógico que consta do programa de Biologia e Geologia do 10.º ano e em dois manuais dessa disciplina, no que diz respeito à construção da ciência. As várias etapas dessa investigação estão ilustradas no esquema apresentado na Figura 3.9. A análise realizada no âmbito deste estudo incidiu, quer no programa quer nos manuais, sobre *o que*, que diz respeito aos conteúdos metacientíficos a serem transmitidos/adquiridos e sobre *o como*, que se refere à forma como se deve processar essa transmissão/aquisição dos conteúdos metacientíficos.

A análise sobre *o que* consistiu na caracterização dos conteúdos referentes à construção da ciência que o programa preconiza que sejam desenvolvidos e nos que são contemplados nos manuais. Entenda-se por conteúdos metacientíficos o conjunto dos conhecimentos e das capacidades metacientíficos, que nesta investigação foram tratados em separado. Foram então analisados, por um lado, a natureza desses conteúdos, ou seja, a que dimensão da construção da ciência de acordo

com Ziman (1984) pertenciam e, por outro lado, o seu grau de complexidade. Quanto à análise sobre *o como*, considerou-se o grau de relação entre conhecimentos científicos e conhecimentos metacientíficos. Seguindo a perspectiva adotada em outros estudos (Morais & Neves, 2012), considerou-se que estas três dimensões de análise condicionam o nível de exigência conceptual da aprendizagem científica.

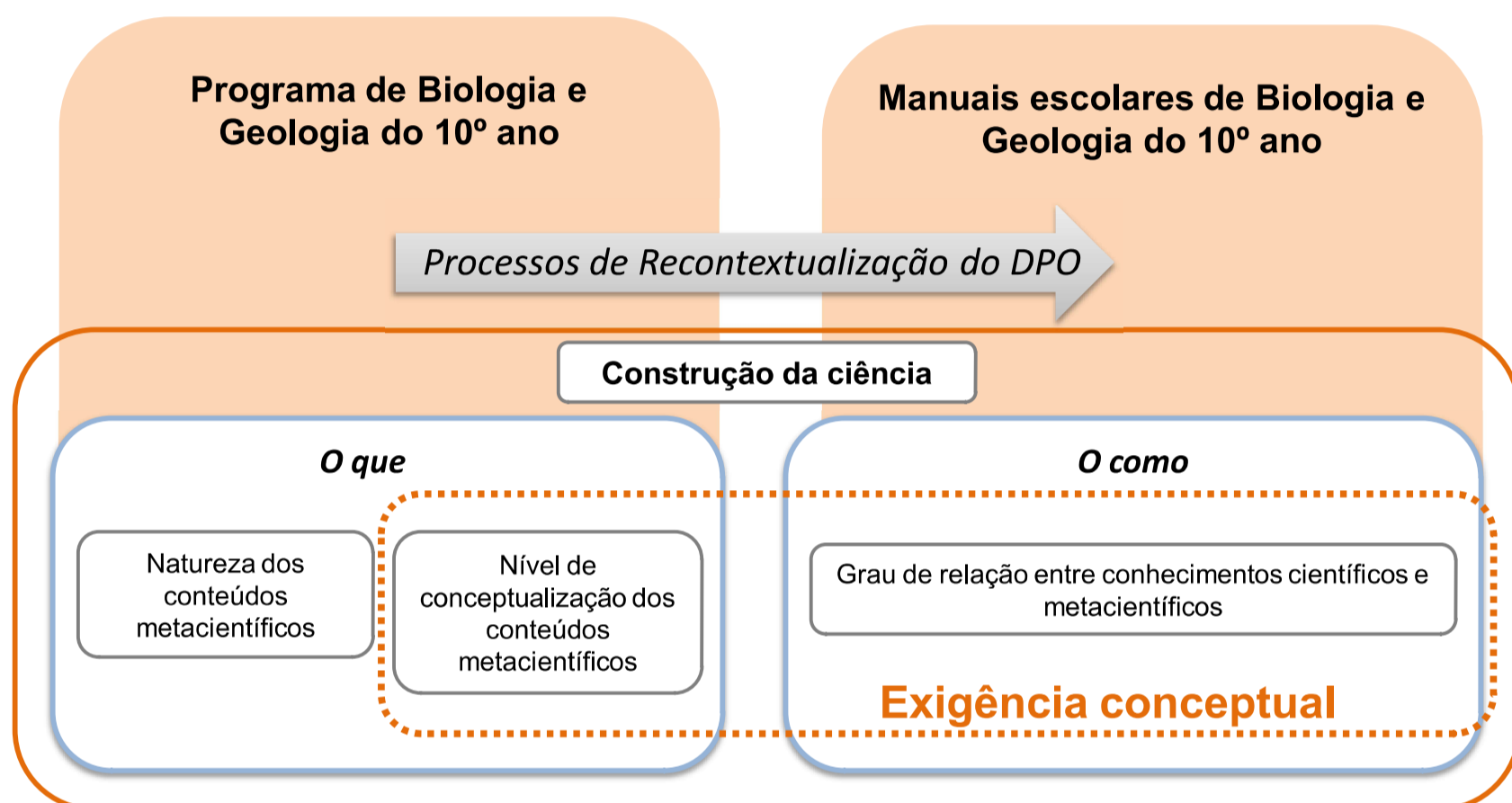


Figura 3.9. Esquema geral da investigação centrada na construção da ciência em currículos e manuais escolares (adaptado de Castro, 2015).

Na sequência da caracterização da natureza e da conceptualização dos conhecimentos e das capacidades referentes à construção da ciência, bem como do grau de relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos, determinou-se ainda a extensão e o sentido da recontextualização sofrida pelo discurso pedagógico oficial do programa, quando se passa deste para os manuais, tendo como referência os aspetos que foram analisados.

Análise do programa e dos manuais escolares

Na Figura 3.10. apresenta-se o esquema geral que, no âmbito da investigação realizada, orientou a análise do programa de Biologia e Geologia do 10.º ano (DES, 2001) e a análise dos manuais escolares selecionados⁵. Para essas análises foram construídos instrumentos que permitiram apreciar os vários aspetos referidos na Figura 3.9.: a natureza dos conhecimentos e das capacidades metacientíficos; o grau de conceptualização dos conhecimentos e das capacidades metacientíficos; e o grau de relação entre conhecimentos científicos e conhecimentos metacientíficos.

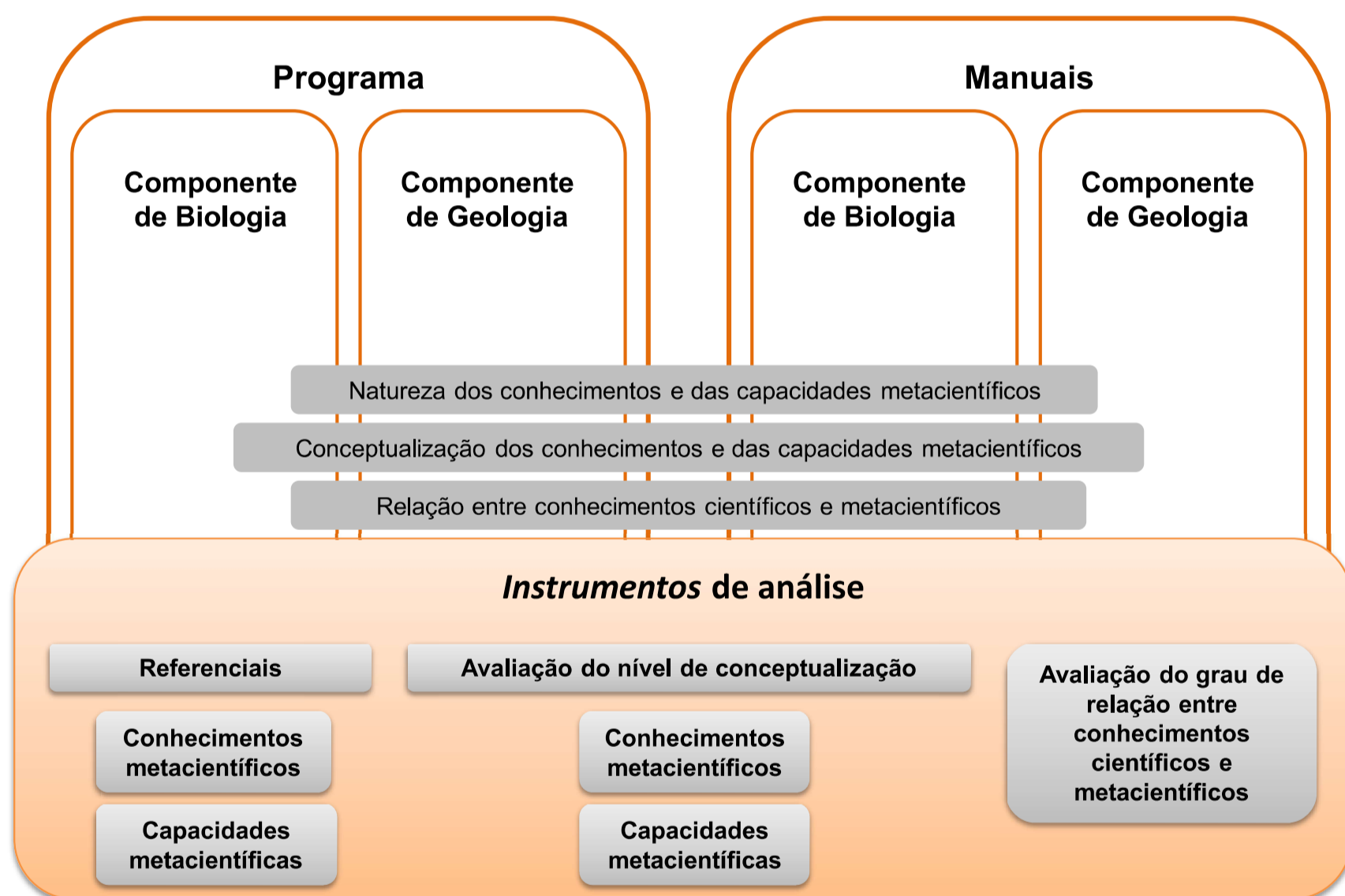


Figura 3.10. Esquema geral da análise do programa e dos manuais de Biologia e Geologia do 10.º ano (adaptado de Castro, 2015).

⁵ Os manuais analisados foram selecionados com base no critério de escolha dos professores/escolas, tendo sido escolhidos os dois mais selecionados no ano letivo 2013/2014.

No contexto da análise do programa, é importante começar por referir que ele está dividido em duas componentes principais, a componente de Biologia e a componente de Geologia. Além disso, cada uma dessas componentes compreende uma primeira secção denominada “Apresentação do programa”, relativa às linhas orientadoras gerais, e uma segunda secção denominada “Desenvolvimento do programa”, que diz respeito às orientações específicas para o 10.º ano de escolaridade, consistindo, assim, na secção de operacionalização dos princípios gerais. Assim, a análise incidiu em cada uma dessas secções de cada componente do programa.

Foi ainda averiguado em que medida o discurso pedagógico oficial (DPO) do programa sofreu recontextualização quando se passa das suas linhas orientadoras gerais para as orientações específicas, no que se refere a estes aspetos da construção da ciência. Por fim, comparou-se, no que diz respeito a todos estes aspetos, as componentes de Biologia e de Geologia.

Quanto aos procedimentos inerentes a esta análise, há que referir que o programa, em cada uma das secções que constituem cada componente, foi dividido em unidades de análise (UA). Em cada UA foi verificado se existiam, ou não, conteúdos metacientíficos e, naquelas que os contemplavam, foi averiguado se esses conteúdos correspondiam a conhecimentos, a capacidades, ou a ambos. Assim, cada UA com conteúdos relativos à construção da ciência foi analisada com base num conjunto de instrumentos de análise (ver modelos de análise).

Para a análise da natureza dos conhecimentos e das capacidades metacientíficos, foram utilizados os instrumentos referenciais dos conhecimentos e das capacidades. Estes permitiram avaliar a que dimensão da construção da ciência de Ziman (1984) se referiam os conhecimentos e/ou as capacidades contemplados nessa UA. Para a análise do grau de conceptualização dos conhecimentos e das capacidades metacientíficos, foram utilizados um instrumento de avaliação do nível conceptual dos conhecimentos, baseado em Cantu e Herron (1978) e Brandwein e colaboradores (1980), bem como um instrumento de avaliação do grau de conceptualização das capacidades, baseado na

Taxonomia de Bloom (1974) revista por Anderson e Krathwohl (2001). Cada UA foi ainda sujeita à avaliação do grau de relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos, através de um instrumento de avaliação baseado no conceito de classificação de Bernstein (1990).

Para a análise dos manuais, relativamente a cada uma das suas componentes (Biologia e Geologia), foram utilizados instrumentos semelhantes aos construídos para o estudo do programa, tendo-lhes sido introduzidas as devidas adaptações em função do contexto da análise. O texto dos manuais também foi dividido em UA, com uma abrangência superior às do programa, dada a sua natureza diferente.

Alguns resultados da investigação

De seguida, apresentam-se alguns dos resultados obtidos nesta investigação ao nível da construção da ciência presente no programa e em dois manuais escolares da disciplina de Biologia e Geologia do 10.º ano.

Distribuição relativa dos conteúdos científicos e dos conteúdos metacientíficos. Os resultados apresentados na Figura 3.11. dizem respeito à distribuição relativa dos conteúdos científicos e dos conteúdos metacientíficos, no programa e nos dois manuais escolares de Biologia e Geologia do 10.º ano, não considerando ainda a separação entre conhecimentos e capacidades. Como evidenciam os dados do gráfico, verificam-se diferenças na expressão dos conteúdos metacientíficos entre o programa e os manuais, entre as duas componentes (Biologia e Geologia) do programa e dentro do próprio programa, consoante se trata das orientações gerais (Bg e Gg) ou das orientações específicas (B10 e G10). Já nos manuais, no que se refere a este aspeto, verifica-se uma maior coerência entre as suas duas componentes.

Os dados da Figura 3.11. mostram ainda que é na componente de Geologia do programa, sobretudo nas suas orientações gerais (Gg), que são encontrados mais conteúdos metacientíficos, seguindo-se a componente de Geologia do manual A. Estes resultados mostram assim que, em termos de presença de conteúdos metacientíficos, é na

componente de Geologia do programa e do manual A que é atribuída maior importância à construção da ciência.

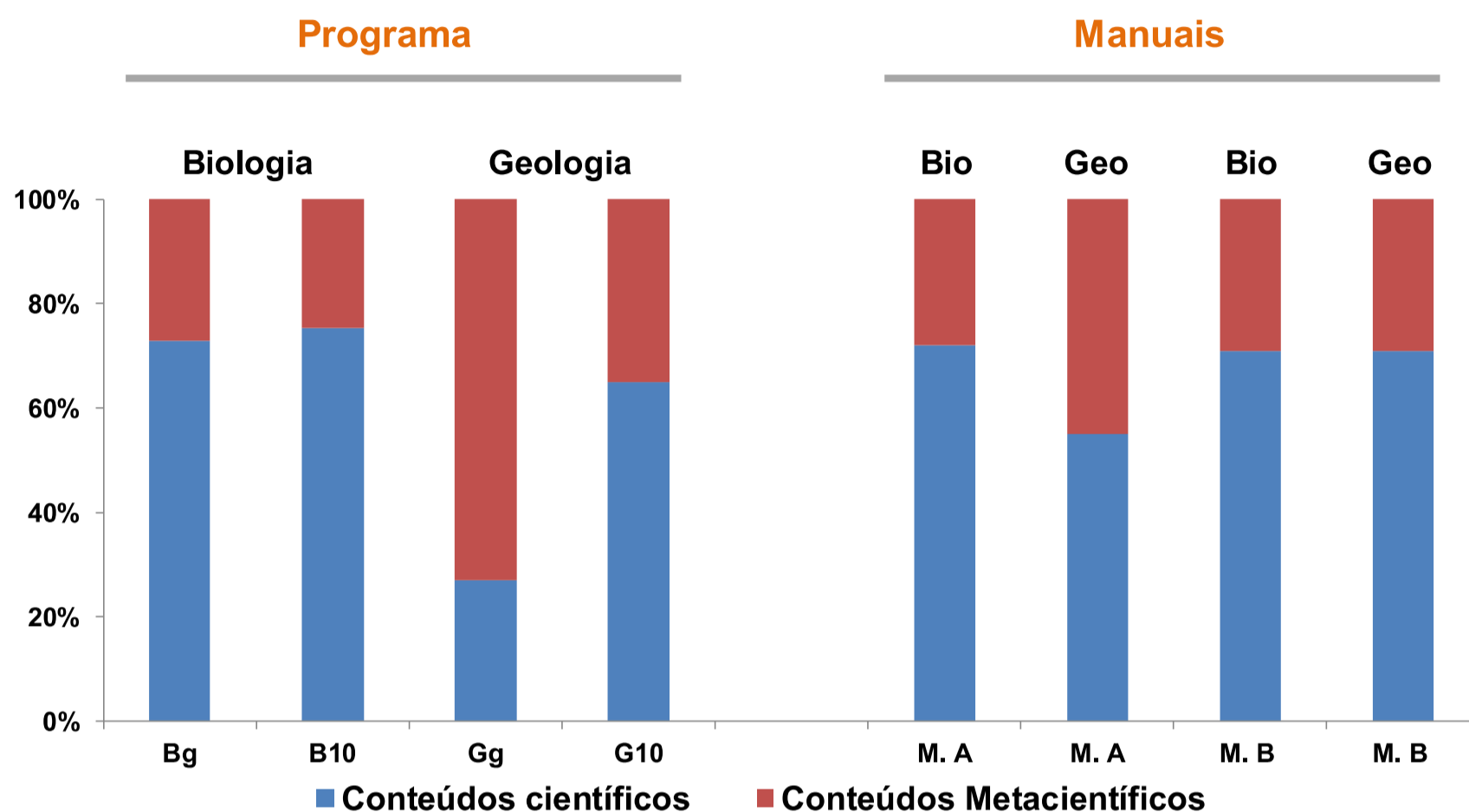


Figura 3.11. Distribuição relativa dos conteúdos científicos e dos conteúdos metacientíficos no programa e nos dois manuais escolares de Biologia e Geologia do 10.º ano (adaptado de Castro, 2015).

Conhecimentos e capacidades relativos à construção da ciência. Foram também apurados resultados que dizem respeito à distribuição relativa dos conhecimentos e das capacidades referentes à construção da ciência no programa e nos dois manuais escolares. O gráfico da Figura 3.12. diz respeito a esses resultados. O principal aspeto que se destaca da análise destes resultados é a acentuada discrepância entre o programa e os manuais relativamente à distribuição dos conhecimentos *versus* capacidades.

No programa, à exceção das orientações gerais da componente de Geologia (Gg), verifica-se uma maior percentagem de capacidades metacientíficas do que de conhecimentos metacientíficos, enquanto nos manuais acontece o oposto, sendo privilegiados os conhecimentos em

detrimento das capacidades. Também no programa se verificam disparidades acentuadas entre as suas duas componentes (Biologia e Geologia) relativamente a estes resultados. A componente de Biologia privilegia claramente as capacidades, sobretudo nas suas orientações específicas para o 10.º ano (B10), enquanto na componente de Geologia se verifica uma maior proximidade entre a expressão das capacidades e dos conhecimentos. Dentro de cada componente do programa também existe discrepância relativamente a este aspeto, quando se passa das orientações gerais para as orientações específicas. Na componente de Biologia aumenta a percentagem de capacidades e diminui a de conhecimentos, enquanto na componente de Geologia acontece o oposto. Estas discrepâncias significam que, no que se refere à construção da ciência, existem capacidades que implicam a mobilização de conhecimentos que não são assumidos na listagem de conteúdos do programa. Por outro lado, são referidos conhecimentos sem correspondência em capacidades, ficando assim por esclarecer o que se pretende com esses conhecimentos.

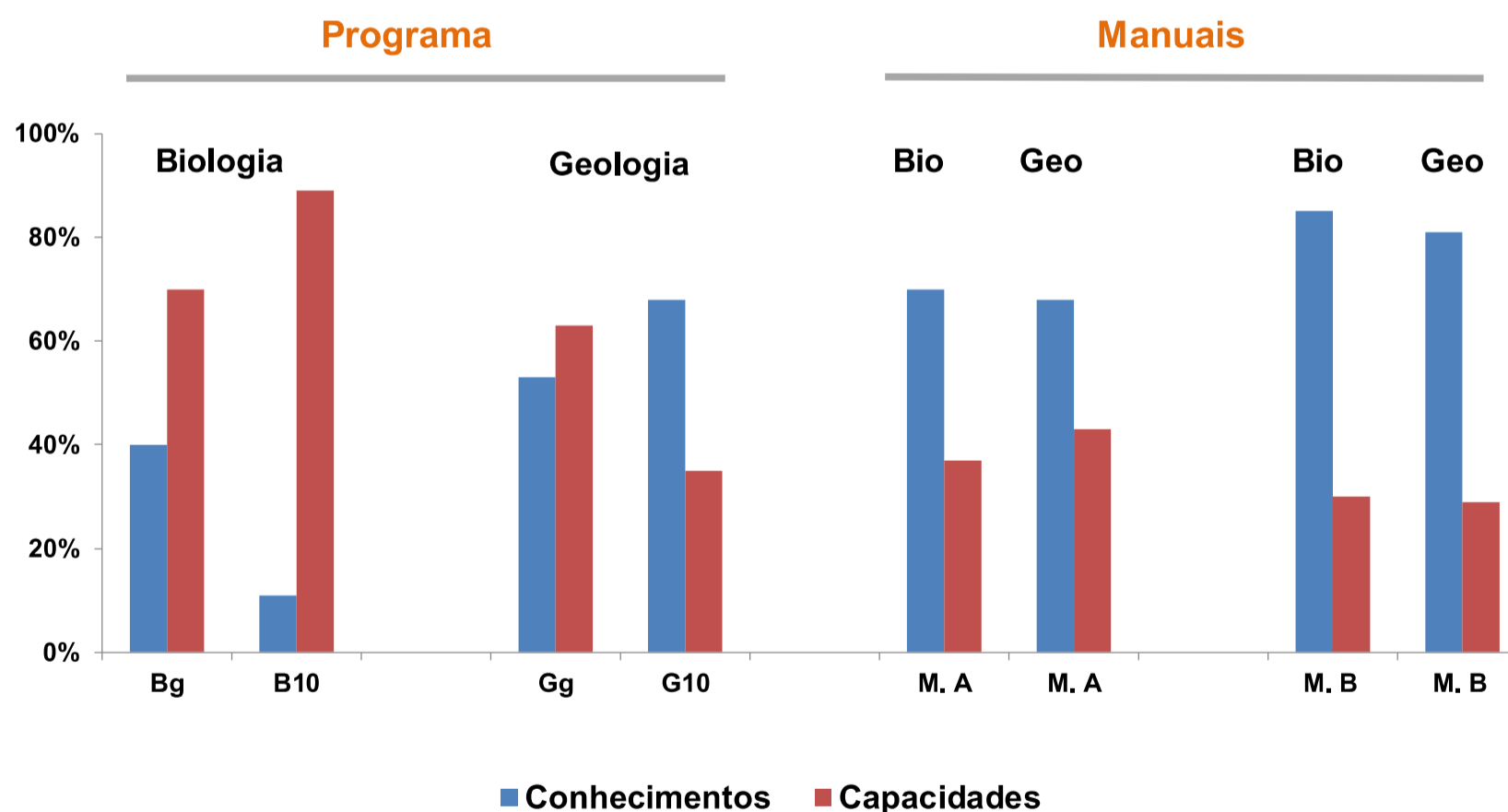


Figura 3.12. Distribuição relativa dos conhecimentos e das capacidades referentes à construção da ciência no programa e nos dois manuais escolares de Biologia e Geologia do 10.º ano (adaptado de Castro, 2015).

Natureza dos conhecimentos metacientíficos. A análise da natureza dos conhecimentos metacientíficos no programa consistiu na identificação das dimensões da construção da ciência de Ziman (1984) a que se referiam esses conhecimentos. Os resultados expressos na Figura 3.13. dizem respeito à distribuição das dimensões da construção da ciência na componente metacientífica do programa que contempla os conhecimentos.

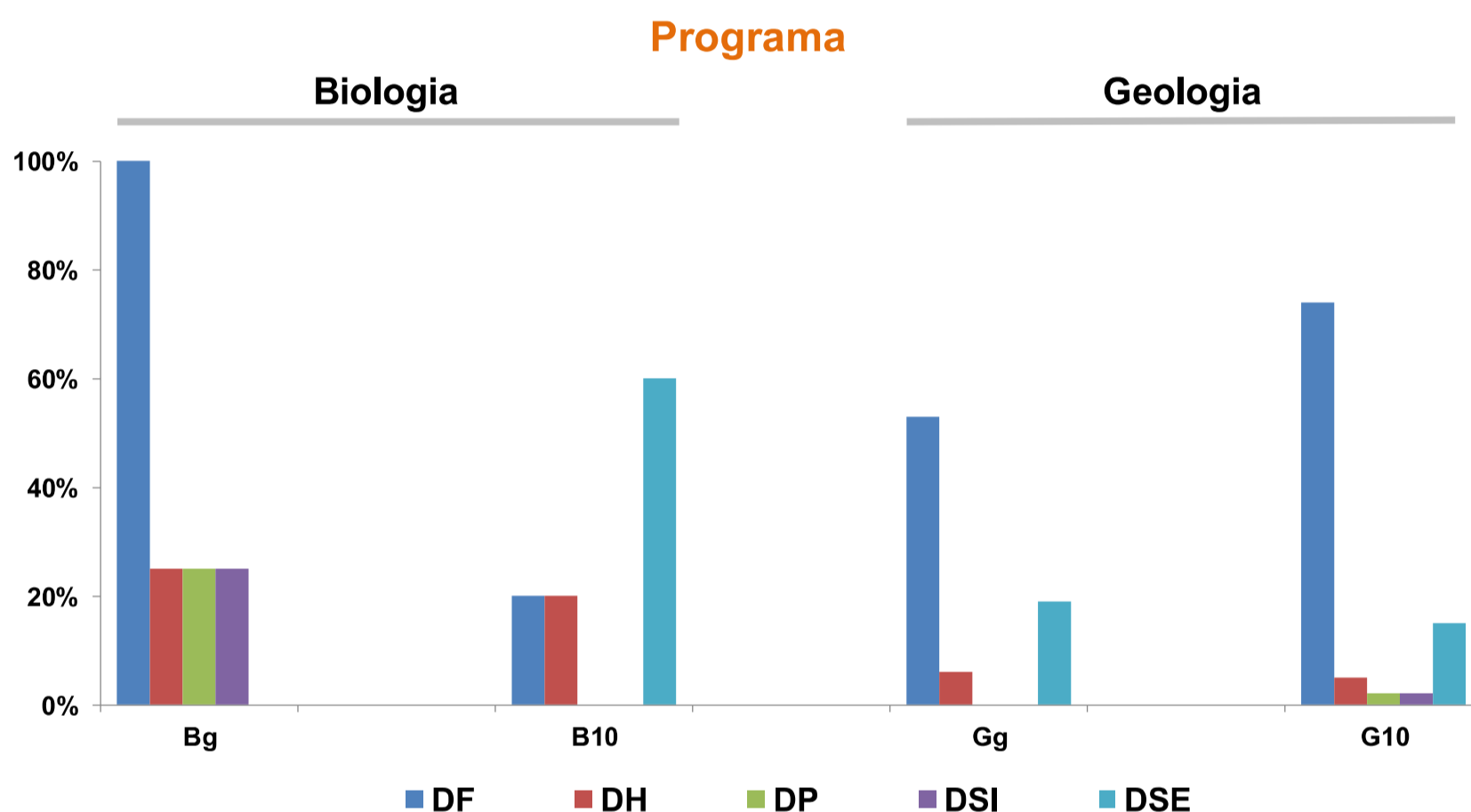


Figura 3.13. Distribuição das dimensões da construção da ciência ao nível dos conhecimentos presentes na componente metacientífica do programa de Biologia e Geologia do 10.º ano (adaptado de Castro, 2015).

Estes resultados evidenciam a prevalência da dimensão filosófica, nas duas componentes, o que significa que, ao nível dos conhecimentos metacientíficos, os aspetos da construção da ciência a que é atribuída mais importância no programa são os que dizem respeito às metodologias da ciência. Seguem-se as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade (DSE), como a segunda dimensão da construção da ciência mais contemplada e a história da ciência (DH) em terceiro lugar. Já no que diz respeito às características psicológicas dos cientistas (DP), bem como às relações que se estabelecem dentro da comunidade científica (DSI), é

atribuída pouca importância. No entanto, há que ter em consideração que nas orientações gerais da componente de Biologia (Bg) apenas foram encontradas quatro referências a conhecimentos metacientíficos, o que relativiza estes resultados. Além disso, apenas existe uma referência a cada uma destas dimensões da construção da ciência (DH, DP e DSI) nesta secção do programa.

Outro aspeto que importa ressaltar é que são aqui bem patentes discrepâncias entre as orientações gerais e as orientações específicas de cada uma das componentes do programa, sobretudo na componente de Biologia. Estes dados mostram que não existe coerência entre o que está contemplado nas intenções expressas nas orientações gerais e as respetivas propostas de concretização que constam das orientações específicas. Está-se assim perante um processo de recontextualização do discurso pedagógico oficial quando se passa das orientações gerais para as orientações específicas.

Nos dois manuais, tal como no programa, procedeu-se também à identificação das dimensões da construção da ciência de Ziman (1984) a que se referiam os conhecimentos metacientíficos. Os resultados obtidos encontram-se expressos no gráfico da Figura 3.14. Pode verificar-se que em ambos os manuais, tal como no programa, prevalece claramente a dimensão filosófica (DF), sendo a dimensão sociológica externa (DSE) a segunda dimensão da construção da ciência mais contemplada. As restantes dimensões da construção da ciência (DH, DP e DSE) têm uma expressão baixa.

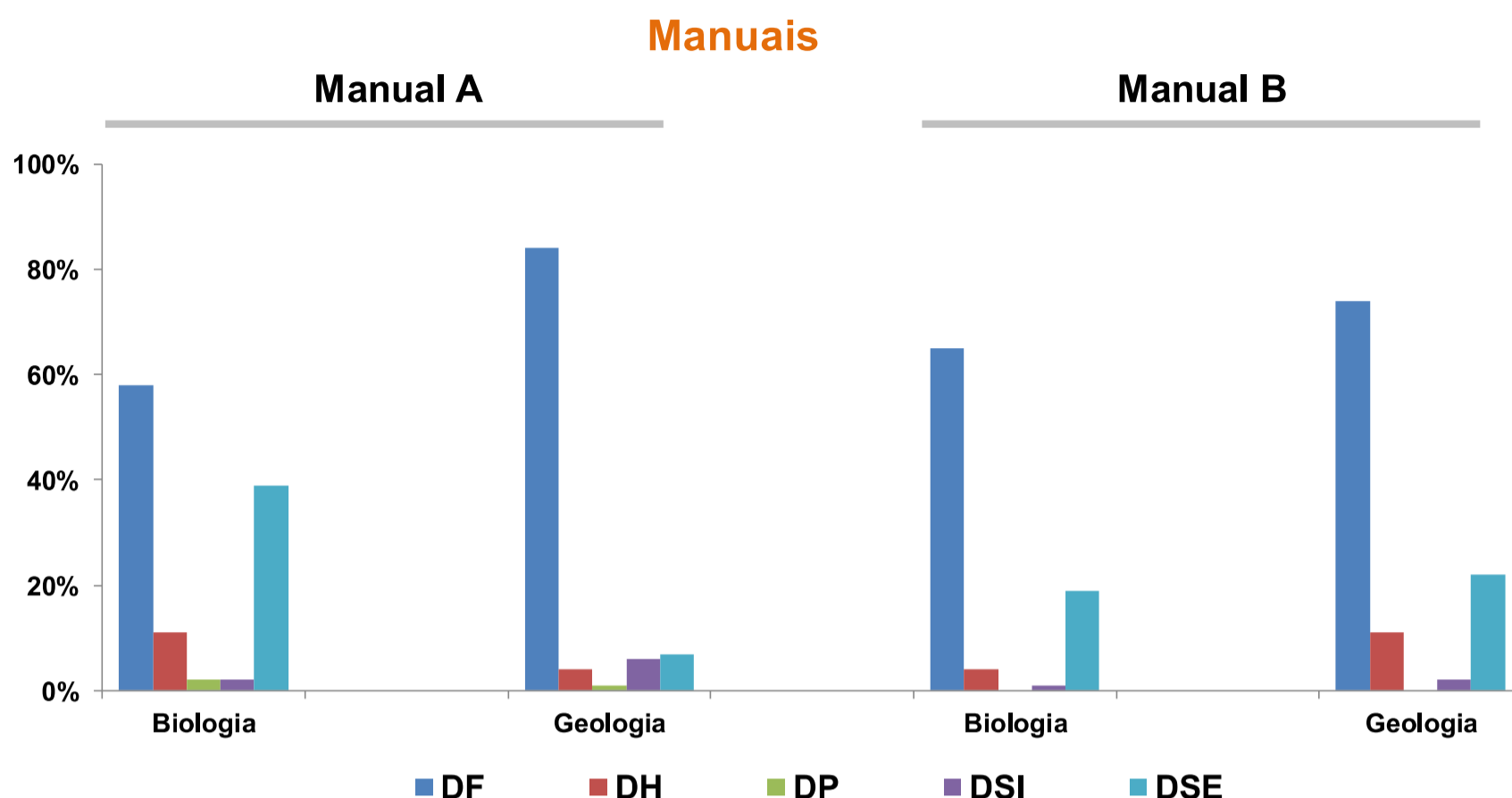


Figura 3.14. Distribuição das dimensões da construção da ciência ao nível dos conhecimentos presentes na componente metacientífica dos manuais de Biologia e Geologia do 10.º ano (adaptado de Castro, 2015).

Conceptualização dos conhecimentos metacientíficos. A caracterização do grau de conceptualização dos conhecimentos metacientíficos no programa e nos manuais escolares permitiu obter os resultados apresentados na Figura 3.15. Estes evidenciam um baixo grau de complexidade dos conhecimentos metacientíficos, sobretudo na componente de Biologia do programa e dos dois manuais, sendo assim a componente de Geologia a que revela maior conceptualização ao nível dos conhecimentos metacientíficos. De facto, está-se perante uma percentagem muito elevada de grau 2 de conceptualização, correspondente a conceitos simples com baixo grau de abstração, tendo os conhecimentos complexos (grau 3) uma expressão consideravelmente mais baixa⁶.

⁶ No caso das orientações gerais da componente de Biologia (Bg), estes resultados dizem respeito apenas a quatro referências a conhecimentos metacientíficos.

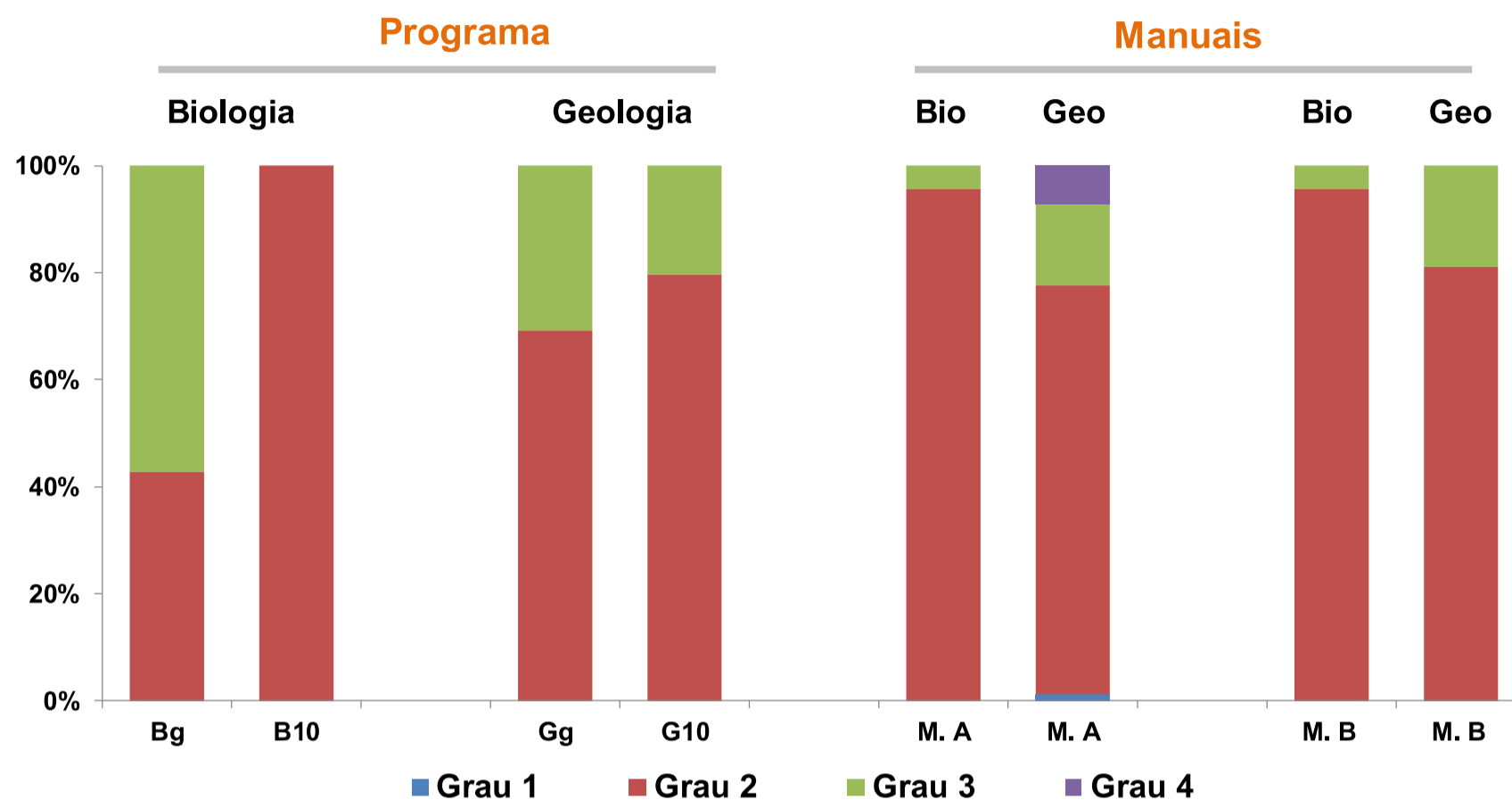


Figura 3.15. Grau de conceptualização dos conhecimentos metacientíficos no programa e nos dois manuais escolares de Biologia e Geologia do 10.º ano (adaptado de Castro, 2015).

Os dados expressos na Figura 3.15. também evidenciam a ocorrência de descontinuidades entre as mensagens dos diferentes textos. Por um lado, em cada componente do programa, quando se passa das intenções expressas nas orientações gerais para a sua concretização ao nível das orientações específicas, o grau de conceptualização dos conhecimentos metacientíficos baixa. Por outro, entre o programa e os manuais verifica-se uma diminuição da conceptualização dos conhecimentos metacientíficos, mais acentuada no caso do manual B.

Foram ainda considerados separadamente os graus de conceptualização das referências às dimensões filosófica e sociológica externa da ciência, as mais contempladas quer no programa quer nos manuais. Verificou-se que o grau de conceptualização dos conhecimentos relativos à sociologia externa da ciência é consideravelmente mais baixo do que o dos conhecimentos referentes às metodologias da ciência.

Natureza das capacidades metacientíficas. A identificação das dimensões da construção da ciência de Ziman (1984) a que se referiam as

capacidades metacientíficas constantes no programa permitiu obter os resultados expressos na Figura 3.16. A este nível verifica-se, à semelhança do que acontece com os conhecimentos, uma prevalência da dimensão filosófica, seguida da dimensão sociológica externa. Aliás, essa prevalência da dimensão filosófica é ainda mais acentuada do que no caso dos conhecimentos.

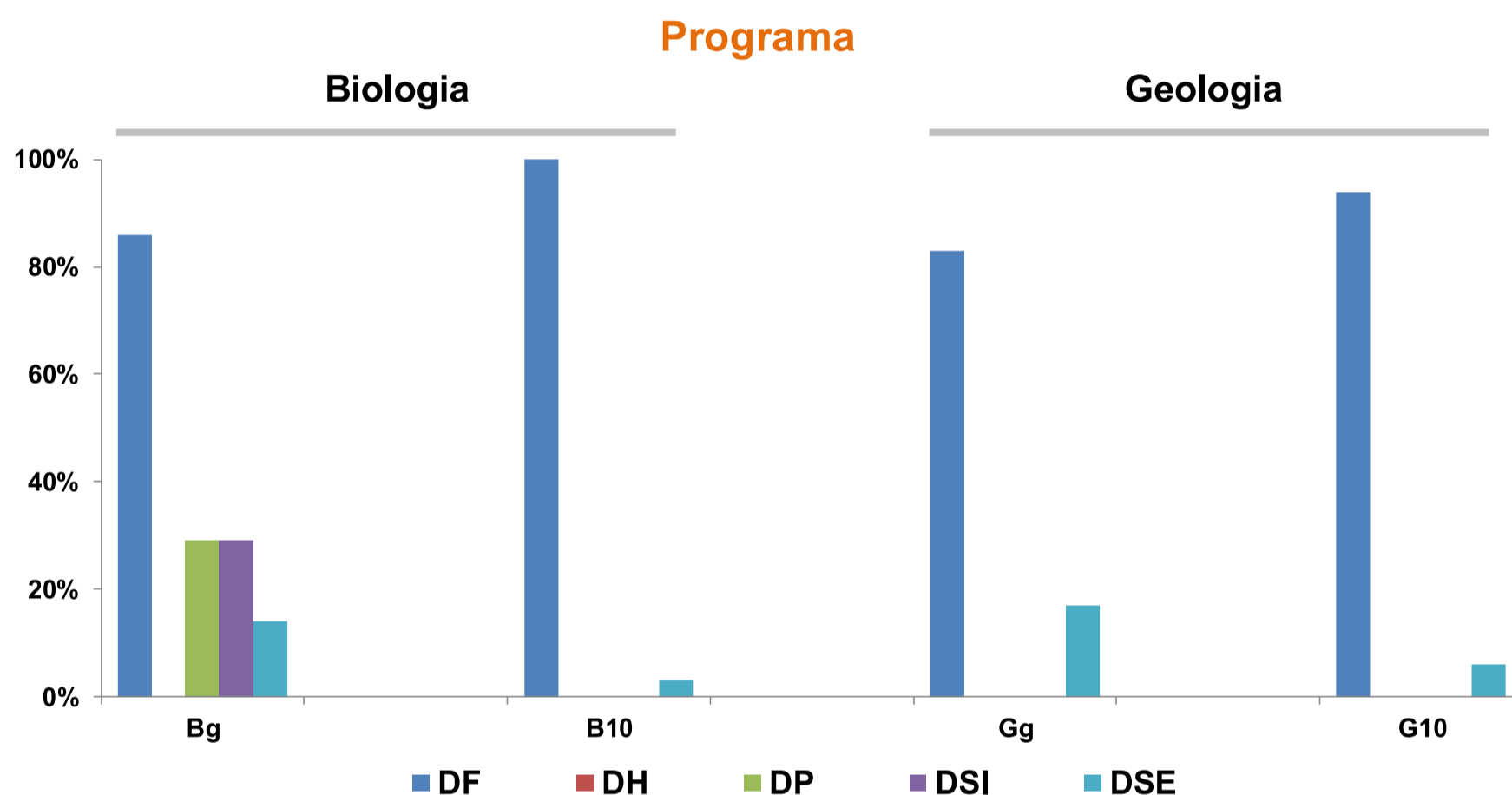


Figura 3.16. Distribuição das dimensões da construção da ciência ao nível das capacidades presentes na componente metacientífica do programa de Biologia e Geologia do 10.º ano (adaptado de Castro, 2015).

Verifica-se ainda uma menor presença de capacidades associadas às dimensões da construção da ciência do que ao nível dos conhecimentos. Quer isto dizer que, no que diz respeito à construção da ciência, o programa preconiza conhecimentos relativos a determinadas dimensões da construção da ciência que não são contemplados ao nível das capacidades, ficando assim por esclarecer que tipo de capacidades devem ser desenvolvidas com esses conhecimentos. Esta é uma dúvida com a qual professores e autores dos manuais escolares se podem confrontar, e que é passível de ter implicações quer ao nível da implementação do programa,

no caso dos professores, quer ao nível da sua reprodução por parte dos autores dos manuais escolares.

A análise da natureza das capacidades metacientíficas presentes no discurso pedagógico dos dois manuais, ou seja, a sua categorização de acordo com as dimensões da construção da ciência de Ziman (1984), conduziu à obtenção dos resultados expressos na Figura 3.17. Verifica-se, tal como no programa e à semelhança do que acontece com os conhecimentos, a prevalência da dimensão filosófica, seguida da dimensão sociológica externa.

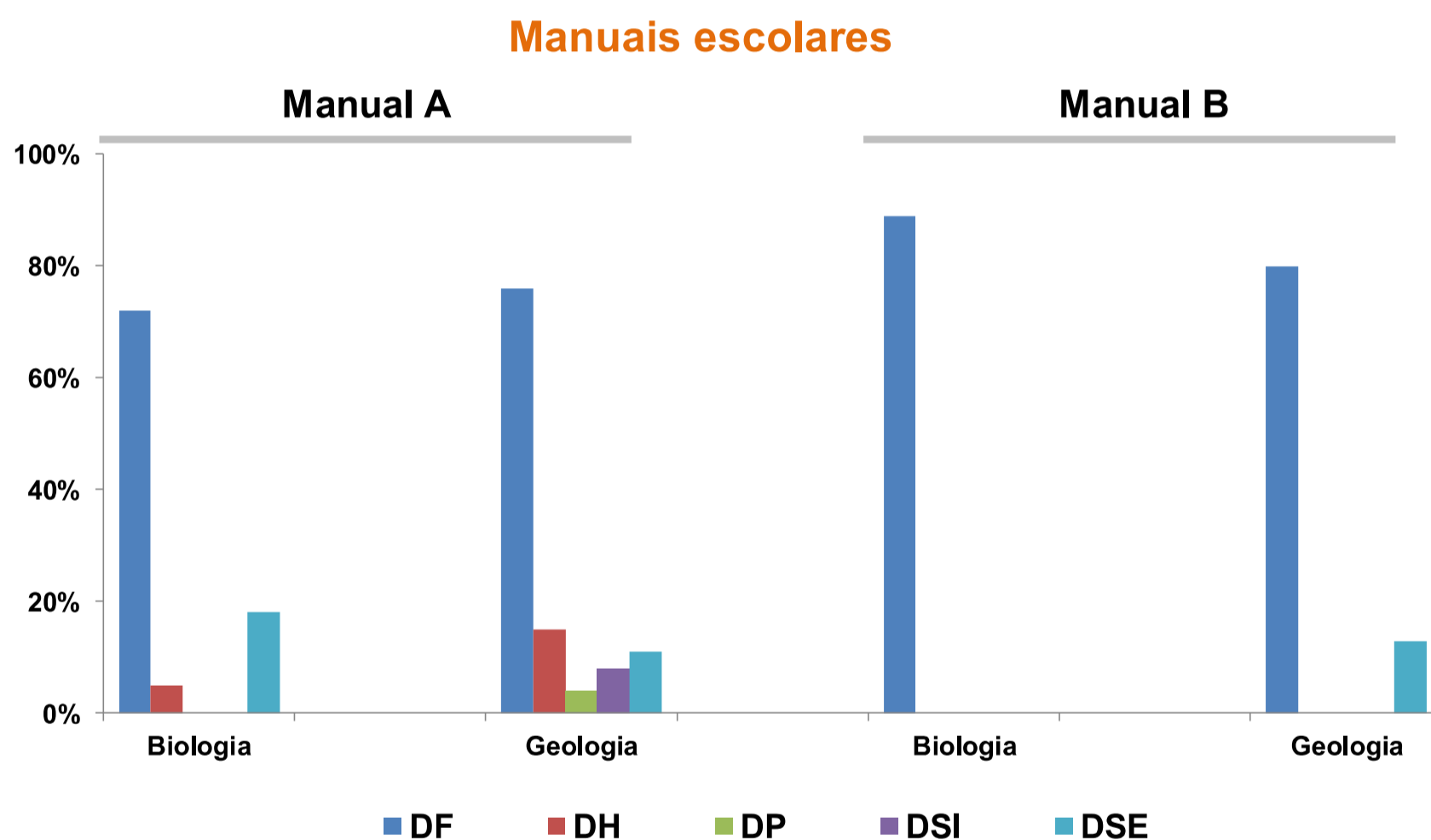


Figura 3.17. Distribuição das dimensões da construção da ciência ao nível das capacidades presentes na componente metacientífica dos manuais de Biologia e Geologia do 10.º ano (adaptado de Castro, 2015).

Destaca-se uma acentuada diferença entre os dois manuais relativamente à variedade de dimensões da construção da ciência que contemplam. No manual A verifica-se uma maior riqueza em dimensões da construção da ciência do que no manual B. Neste, todas as capacidades metacientíficas dizem respeito às metodologias da ciência na componente de Biologia

sendo que, na componente de Geologia, para além da dimensão filosófica, apenas é contemplada a dimensão sociológica externa e, mesmo assim, com uma baixa expressão. Também entre as duas componentes de cada manual se constatam diferenças relativas à diversidade de dimensões da construção da ciência que contemplam. Com efeito, em ambos os manuais a componente de Geologia integra uma maior diversidade de aspetos relativos à metaciência do que a de Biologia, apesar de esta diferença não ser muito acentuada no manual B.

Conceptualização das capacidades metacientíficas. A caracterização do nível de conceptualização das capacidades metacientíficas, no programa e nos manuais, permitiu obter os resultados apresentados na Figura 3.18. Estes evidenciam que a conceptualização das capacidades metacientíficas é superior à dos conhecimentos e mais elevada no programa do que nos manuais.

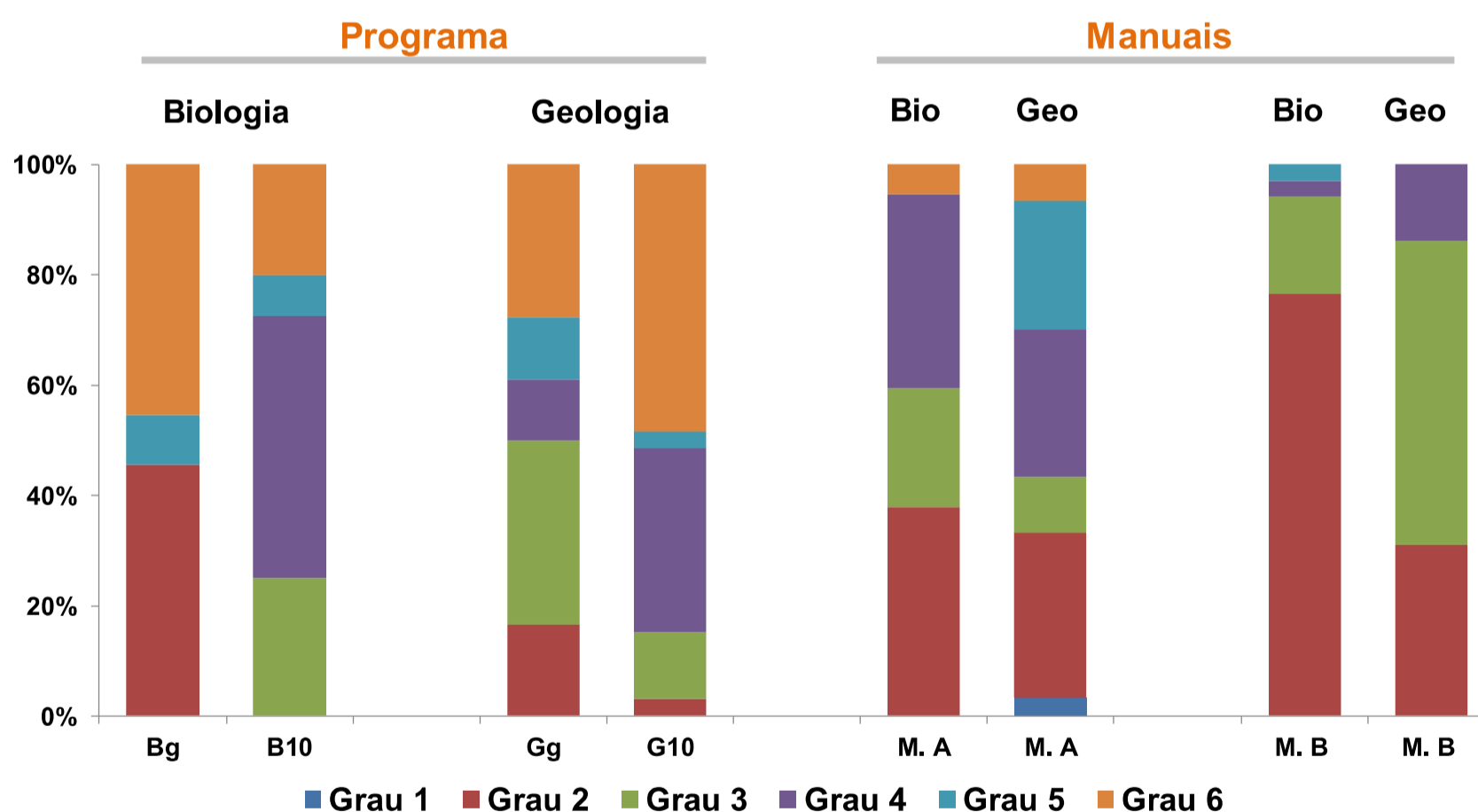


Figura 3.18. Grau de conceptualização das capacidades metacientíficas no programa e nos dois manuais escolares de Biologia e Geologia do 10.º ano (adaptado de Castro, 2015).

No programa, em cada uma das componentes de Biologia e Geologia, quando se passa das orientações gerais (Bg ou Gg) para as orientações específicas (B10 ou G10), aumenta o nível de conceptualização das capacidades (Figura 3.18.), acontecendo o oposto com os conhecimentos, cujo grau de complexidade baixa (Figura 3.15.). Também entre os manuais A e B se verifica uma diferença acentuada relativamente ao grau de conceptualização das capacidades metacientíficas, constatando-se que este é superior no manual A. Além disso, tanto nos manuais como no programa, tal como acontece com os conhecimentos, é na componente de Geologia que a conceptualização das capacidades relativas à construção da ciência é mais elevada.

Relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos. A relação estabelecida entre conhecimentos científicos e metacientíficos (intradisciplinaridade), ao atribuir significado às aprendizagens, condiciona a exigência conceptual na aprendizagem científica. O gráfico da Figura 3.19. diz respeito aos resultados da análise desse grau de relação ao nível do programa e dos manuais. Estes resultados revelam claramente que nos manuais o grau de relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos é superior.

No programa, em ambas as secções de cada componente, a percentagem de UA com classificação C^+ , correspondente a ausência deste tipo de relações, é muito superior às encontradas nos manuais⁷. Verifica-se assim uma recontextualização do discurso pedagógico quando se passa do programa para os manuais, que se traduz no aumento do grau de relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos. Também no interior do programa, em ambas as componentes, quando se passa das orientações gerais para as orientações específicas, se constata a existência de recontextualização do discurso pedagógico relativamente a este aspeto,

⁷ No instrumento utilizado para a análise da relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos a classificação extrema mais forte (C^{++}) foi considerada para os casos em que havia presença apenas de conhecimentos científicos (ver excerto do instrumento na Tabela 3.4.). O gráfico da Figura 3.11. apenas contempla os casos em que há presença de conhecimentos metacientíficos, não considerando a classificação C^{++} .

diminuindo o grau de relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos.

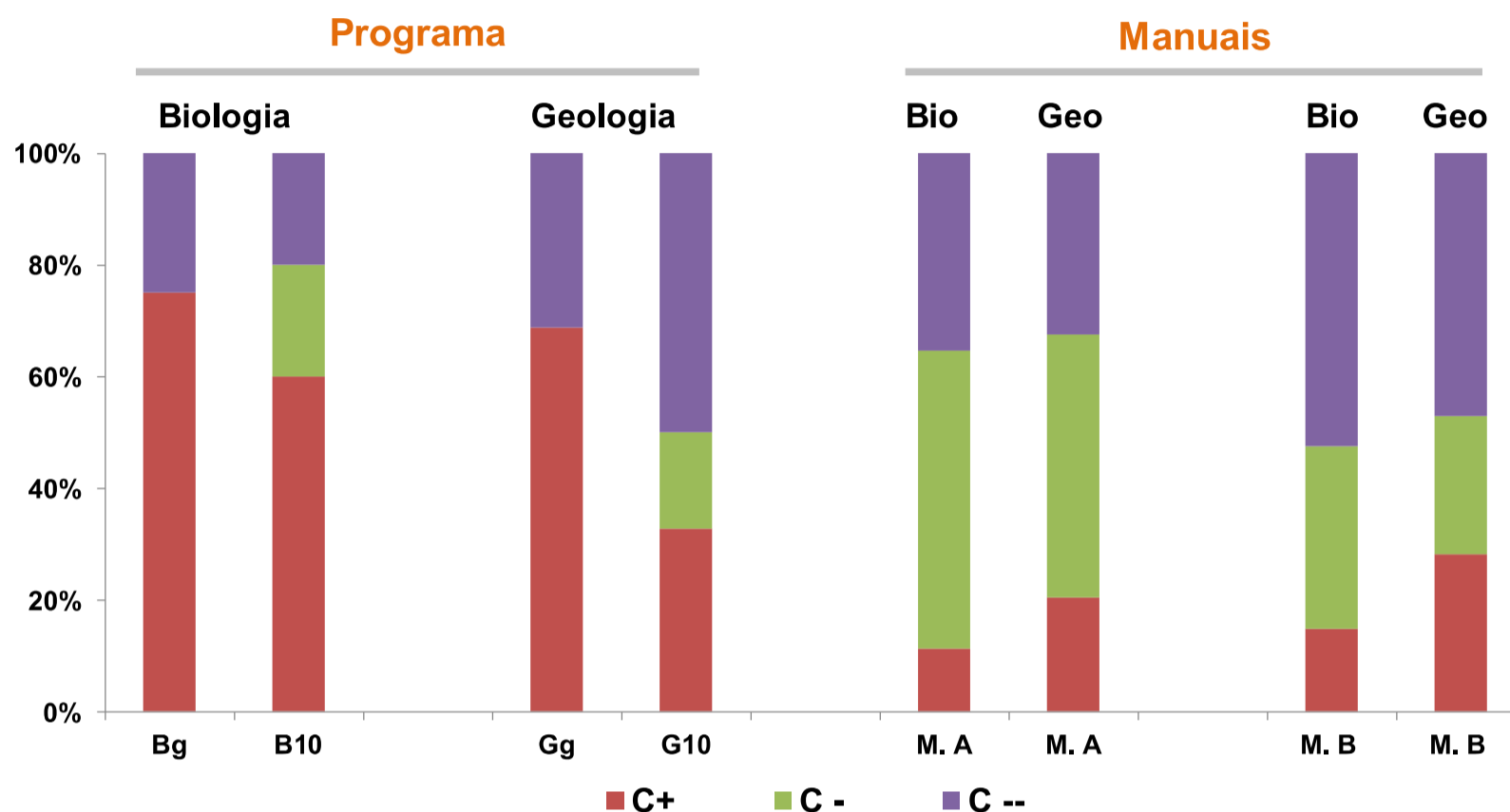


Figura 3.19. Grau de relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos no programa e nos dois manuais escolares de Biologia e Geologia do 10.º ano (adaptado de Castro, 2015).

As classificações C^- e C^{--} contemplam a presença de relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos. Os casos em que os conhecimentos científicos têm maior estatuto do que os conhecimentos metacientíficos nessa relação correspondem à classificação C^- e aqueles em que a esses dois tipos de conhecimentos é conferido igual importância nessa relação correspondem à classificação C^{--} . A situação ideal do ensino das ciências, em conformidade com o quadro teórico deste estudo corresponde à classificação C^- , verificando-se que esta tem maior expressão nos manuais do que no programa.

Considerações finais

Os resultados deste estudo revelam uma discrepância entre as componentes de Biologia e Geologia quanto à importância atribuída à construção da ciência, bem como quanto ao grau de conceptualização das

capacidades e dos conhecimentos metacientíficos. Tanto no programa como num dos manuais, a construção da ciência tende a ser mais valorizada e mais conceptualizada na componente de Geologia.

No que se refere à natureza dos conteúdos metacientíficos, verifica-se que tanto o programa como os manuais, quer ao nível dos conhecimentos quer ao nível das capacidades, privilegiam claramente as metodologias da ciência e, seguidamente, as relações que se estabelecem entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, sendo os aspetos relativos às características psicológicas dos cientistas e às relações no seio da comunidade científica os menos contemplados. A este propósito é importante referir que uma grande parte das capacidades é de natureza investigativa, pertencendo à vertente prático/experimental e portanto à dimensão filosófica. Não obstante, esta parece ser uma opção mais baseada na importância da vertente prático/experimental ao nível cognitivo, do que na necessidade de incluir esse conteúdo metacientífico no ensino das ciências, enquanto parte integrante da construção da ciência.

A análise do grau de conceptualização dos conhecimentos e das capacidades relativos à construção da ciência permitiu constatar que, tanto no programa como nos manuais, o grau de complexidade dos conhecimentos é mais baixo do que o das capacidades. Esta diferença é mais acentuada no programa, onde se verifica um elevado grau de complexidade das capacidades metacientíficas. Quanto ao grau de relação entre conhecimentos metacientíficos e científicos, outro dos fatores que influencia a exigência conceptual da aprendizagem científica, verificou-se que este é acentuadamente mais baixo no programa do que nos manuais.

Este estudo revelou, ainda, a presença de processos de recontextualização dentro do próprio programa, entre os discursos pedagógicos das orientações gerais e das orientações específicas, e entre o discurso pedagógico do programa e o discurso pedagógico dos manuais. Em ambas as componentes do programa (Biologia e Geologia), quando se passa das orientações gerais para as orientações específicas, aumenta a conceptualização das capacidades metacientíficas e o grau de relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos, mas diminui a

conceptualização dos conhecimentos metacientíficos. Por outro lado, quando se passa do programa para os manuais, diminui a conceptualização dos conhecimentos e das capacidades metacientíficos mas aumenta o grau de relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos.

Estas discrepâncias dentro do próprio programa, bem como entre as componentes de Biologia e Geologia, vão condicionar a interpretação que professores e autores dos manuais fazem do programa, estando normalmente na origem dos processos de recontextualização que se verificam aquando da sua implementação em contexto de sala de aula e da sua reprodução, em sede de elaboração de manuais. Professores e autores dos manuais são confrontados, por um lado, com orientações que se ficam apenas pelos princípios gerais, sem propostas de concretização, e, por outro lado, com propostas de operacionalização, a que podem não dar a devida importância porque estas não foram contempladas ao nível nas orientações gerais.

Referências

- AAAS (American Association for the Advancement of Science). (1989). *Project 2061: Science for all Americans*. Washington, DC: AAAS.
- AAAS (American Association for the Advancement of Science). (1993). *Benchmarks for science literacy*. Nova Iorque: Oxford University Press.
- Aikenhead, G.S. (2000). Renegotiating the culture of school science. In R. Millar, J. Leach, & J. Osborne (Eds.), *Improving science education: The contribution of research* (pp. 245-264). Birmingham, UK: Open University Press.
- Aikenhead, G.S. (2009). Os aspetos humanísticos e culturais do ensino da ciência & tecnologia. In G.S. Aikenhead, *Educação Científica: Para todos* (pp. 49-83). Ramada, Portugal: Edições Pedagogo, Lda.
- Alves, V., & Morais, A. M. (2014). Currículo e práticas pedagógicas: Estudo no contexto das ciências do 3.º ciclo do ensino básico. In A. M. Morais, I. P. Neves & S. Ferreira (Eds.), *Currículos, manuais escolares e práticas pedagógicas: Estudo de processos de estabilidade e de mudança no sistema educativo* (pp. 241-263). Lisboa: Edições Sílabo.
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. (Eds.), Airasian, P., Cruikshank, K., Mayer, R., Pintrich, P., Raths, J., & Wittrock, M. (2001). *A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Nova Iorque: Longman.

- Bernstein, B. (1990). *Class, codes and control: Vol. IV, The structuring of pedagogic discourse*. Londres: Routledge.
- Bernstein, B. (1999). Vertical and horizontal discourse: An essay. *British Journal of Sociology of Education*, 20(2), 157-173.
- Bernstein, B. (2000). *Pedagogy, symbolic control and identity: Theory, research, critique* (Revised edition). Nova Iorque: Rowman & Littlefield.
- Brandwein, P., Cooper, E., Blackwood, P., Cottom-Winslow, M., Boeschen, J., Giddings, M., Romero, F., & Carin, A. (1980). *Concepts in science – Teacher’s edition*. Nova Iorque: Harcourt Brace Jovanovich.
- BSCS (Biological Sciences Curriculum Studies) (2011). *BSCS Biology: A human approach* (4ª ed.). Dubuque: Kendall/Hunt Publishing Company.
- Calado, S., & Neves, I. P. (2014). Currículo e manuais escolares: Estudo no contexto das ciências do 3.º ciclo do ensino básico. In A. M. Morais, I. P. Neves & S. Ferreira (Eds.), *Currículos, manuais escolares e práticas pedagógicas: Estudo de processos de estabilidade e de mudança no sistema educativo* (pp. 241-263). Lisboa: Edições Sílabo.
- Campbell, N., & Reece, J. (2008). *Biology* (8ª ed.). San Francisco: Pearson/ Benjamin Cummings.
- Cantu, L. L., & Herron, J. D. (1978). Concrete and formal Piagetian stages and science concept attainment. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(2), 135-143.
- Caraça, J. (2004). The scientific condition. In Conference held at Calouste Gulbenkian Foundation, Lisbon, April 3 and 4, 2003, *Science meets society* (pp. 11-14). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Castro, S. (2006). *A construção da ciência na educação científica do ensino secundário – Análise do programa de Biologia e Geologia do 10.º ano*. Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- Castro, S. (2015). *A construção da ciência na educação científica do ensino secundário: Análise dos manuais escolares e das conceções dos professores de Biologia e Geologia do 10.º ano*. Tese de Doutoramento, Instituto de Educação da Universidade de Lisboa (em desenvolvimento).
- Clough, M. P., Olson J. K., & Niederhauser D. S. (2013). *The nature of technology. Implications for learning and teaching*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Comissão Europeia (2007). *Educação da ciência agora: Uma pedagogia renovada para o futuro da Europa*. Bruxelas: Comissão Europeia/Direcção-Geral de Investigação.
- Curriculum Development Council and The Hong Kong Examinations and Assessment Authority (HKSARG). (2007/2014). *Science Learning*. Capturado em 2015, janeiro 27 de <http://www.edb.gov.hk/attachment/en/curriculum-development/kla/scienceedu/phy_c&a_guide_updated_e.pdf>.

- DEB (Departamento de Educação Básica) (2002). *Orientações curriculares para o 3.º ciclo do ensino básico*. Lisboa: Ministério da Educação.
- DES (Departamento do Ensino Secundário) (2001). *Programa de Biologia e Geologia – 10.º ou 11.º anos*. Lisboa: Ministério da Educação.
- DES (Departamento do Ensino Secundário) (2003). *Programa de Biologia e Geologia – 11.º ou 12.º anos*. Lisboa: Ministério da Educação.
- DeBoer, G.E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582–601.
- Duschl, R., & Grandy, R. (2012). Two views about explicitly teaching nature of science. *Science & Education*. doi: 10.1007/s11191-012-9539-4.
- Duschl, R., Schweingruber, H., & Shouse, A. (Ed.) (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grade K-8*. Washington: National Academies Press.
- Ferreira, S., & Morais, A. M. (2014). A natureza da ciência em currículos de ciências: Estudo do currículo de Ciências Naturais do 3.º ciclo do ensino básico. In A. M. Morais, I. P. Neves & S. Ferreira (Eds.), *Currículos, manuais escolares e práticas pedagógicas: Estudo de processos de estabilidade e de mudança no sistema educativo* (pp. 79-105). Lisboa: Edições Sílabo.
- Gil, F. (1999). A ciência e o problema da objectividade. In F. Gil (Coord). *A ciência tal qual se faz* (pp. 9-29). Lisboa: Edições João Sá da Costa.
- Knorr-Cetina, K. (1999). A comunicação na ciência. In F. Gil (Coord.). *A ciência tal qual se faz* (pp. 375- 393). Lisboa: Edições João Sá da Costa.
- Lederman, N.G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S.K. Abell & N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831–879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, B. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 497-521.
- Martins, R. A. M., Silva, C. C., & Prestes, M. E. B. (2014). History and philosophy of science in science education, in Brazil. In Matthews, M. (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 2271-2299). Dordrecht: Springer.
- Marzano, R. J., & Kendall, J. S. (2007). *The new taxonomy of educational objectives* (2ª ed.). Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Matthews, M. R. (Ed.) (2009). *Science, worldviews and education*. Dordrecht: Springer.

- McComas, W. F. (2014). Nature of science in the science curriculum and in teacher education programs in the United States. In Matthews, M. (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 1993-2024). Dordrecht: Springer.
- McComas, W.F., & Olson, J.K. (1998). The nature of science in international education standards documents. In W.F. McComas (Ed), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 53–70). Dordrecht: Kluwer.
- McComas, W.F., Clough, M.P., & Almazroa, H. (1998). The role and character of the nature of science in science education. In W.F. McComas (Ed), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 3–39). Dordrecht: Kluwer.
- Morais, A. M., & Neves, I. P. (2001). Pedagogic social contexts: Studies for a sociology of learning. In A. Morais, I. Neves, B. Davies & H. Daniels (Eds.), *Towards a sociology of pedagogy: The contribution of Basil Bernstein to research* (pp. 185-221). Nova Iorque: Peter Lang.
- Morais, A. M., & Neves, I. P. (2012). Estruturas de conhecimento e exigência conceitual na educação em ciências. *Revista Educação, Sociedade & Culturas*, 37, 63-88.
- NRC (National Research Council). (1996). *National Science Education Standards: observe, interact, change, learn*. Washington, DC: National Academy Press.
- NRC (National Research Council). (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academy Press.
- Nuffield Foundation (2015). *Practical physics. How science works*. Consultado em 2015, janeiro 27 <<http://www.nuffieldfoundation.org/practical-physics/how-science-works>>.
- OCDE (2010). PISA 2009. *Assessment Framework - Key Competencies in Reading, Mathematics and Science*. Recuperado em Janeiro 15, 2011 de [http://www.oecd.org/document/44/0,3746,en_.html].
- Quintanilha, A. (2003). [DVD]. Perfil biográfico de Alexandre Quintanilha. In *Despertar para a ciência. Ciclo de colóquios*. Lisboa: Gradiva
- Roberts, D.A. (2007). Scientific literacy/science literacy. In S.K. Abell and N.G. Lederman (eds.), *Handbook of research on science education* (pp 729–780). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Saraiva, L. (2015). *Ensino das ciências na formação inicial de professores do 1.º ciclo do ensino básico: Contributos para uma mudança nas conceções sobre ciência e ensino das ciências*. Tese de Doutoramento, Instituto de Educação da Universidade de Lisboa (em desenvolvimento).
- Silva, J. C., Ribeiro, E., & Oliveira, O. (2009). *Desafios – Biologia e Geologia, 11.º ano*. Lisboa: Asa Editores.

- Watson, J. (1987). *A dupla hélice*. Lisboa: Gradiva.
- Wong, S. L., Wan, Z. H., & Cheng, K.L. (2014). One Country, Two Systems: Nature of Science Education in Mainland China and Hong Kong. In Matthews, M. (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philodophy and Science Teaching* (pp. 2149-2176). Dordrecht: Springer.
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Ed. M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Ziman, J. (1984). *An introduction to science studies: The philosophical and social aspects of science and technology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ziman, J. (2000). *Real science - What it is, and what it means*. Cambridge: Cambridge University Press.