



CONCEPTUALIZAÇÃO E COERÊNCIA CURRICULAR EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: UMA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA¹

Conceptualization and curriculum coherence in science education: A proposal of pedagogical intervention

Ana Maria Morais [ammorais@ie.ulisboa.pt]

Isabel Pestana Neves [imneves@ie.ulisboa.pt]

*UIDEF, Instituto de Educação, Universidade de Lisboa
Alameda da Universidade, Lisboa, Portugal*

Sílvia Ferreira [silviacferreira@gmail.com]

Agrupamento de Escolas de São Gonçalo e UIDEF, Instituto de Educação, Universidade de Lisboa

Margarida Afonso [margarida.afonso321@gmail.com]

Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Castelo Branco

Preciosa Silva [preciosa.silva@gmail.com]

Agrupamento de Escolas Nuno Gonçalves e UIDEF, Instituto de Educação, Universidade de Lisboa

Resumo

O artigo apresenta uma proposta de intervenção pedagógica sustentada em fundamentos teóricos e empíricos que permitem defender uma educação científica conceptualmente exigente, para todos os alunos e aos vários níveis de escolaridade. Argumenta-se que o nível de conceptualização e de coerência curricular de conhecimentos e de capacidades cognitivas deve ser central em currículos e práticas pedagógicas. Argumenta-se também que a relação intradisciplinar, conjuntamente com a exploração de conhecimentos e de capacidades de nível complexo, eleva o nível de exigência conceptual da aprendizagem científica e promove um ensino que considera a estrutura hierárquica característica do conhecimento científico. A proposta de intervenção pedagógica, centrada na inter-relação fotossíntese-respiração, exemplifica a articulação conceptual que deve existir, em contextos de aprendizagem da ciência, entre os vários níveis de escolaridade. Discute-se a importância da implementação de atividades que propiciem aprendizagens científicas conceptualmente e coerentemente articuladas, o que pode exigir uma recontextualização dos currículos, sempre que tal não seja valorizado nos documentos curriculares oficiais.

Palavras-Chave: Educação científica; Exigência conceptual; Coerência curricular; Proposta pedagógica; Inter-relação fotossíntese-respiração.

Abstract

The article presents a proposal of pedagogic intervention, supported by theoretical and empirical arguments, which defends a conceptually demanding scientific education for all students and at the various schooling levels. It is argued that the level of conceptualization and curricular coherence of knowledge and cognitive skills should be central to curricula and pedagogical practices. It is also argued that the intradisciplinary relation, together with the exploration of complex knowledge and skills, raises the level of conceptual demand of scientific learning and promotes an education that considers the hierarchical structure of scientific knowledge. The proposal of pedagogic intervention, based on the photosynthesis-respiration relationship, exemplifies the conceptual relation among the various schooling levels that should be present in the context of scientific education. The importance of implementing activities that provide conceptually and coherently articulated scientific learning is discussed, something that may require a recontextualization of curricula, whenever that is not valued in the official curricular documents.

Keywords: Scientific education; Conceptual demand; Curriculum coherence; Pedagogical proposal; Photosynthesis-respiration inter-relationship.

¹ O artigo está escrito em português de Portugal, seguindo o novo acordo ortográfico.

INTRODUÇÃO

Os currículos de ciências de diferentes países têm vindo a ser analisados por vários investigadores (ex., Bybee, 2003; Bybee & Scotter, 2007; Eilks & Hofstein, 2017; Young, 2009). Essa análise revela que, em geral, os conhecimentos incidem fundamentalmente em factos, apresentando reduzida ênfase em conceitos e tendendo a ser tratados de forma superficial. Revela também que estão ausentes relações entre conhecimentos e processos científicos quer na dimensão horizontal (no mesmo ano de escolaridade) quer na dimensão vertical (entre vários anos de escolaridade) do currículo. Tal como salientado por Bybee (2003), ao defender a importância de os currículos de ciências apresentarem coerência conceptual, “*muitos currículos de ciências perderam a visão de uma estrutura curricular clara e consistente, com base em esquemas conceptuais. Em vez disso, existem aglomerados curriculares baseados numa diversidade de atividades a que falta coerência conceptual*” (p. 349). O modo como os conhecimentos e os processos científicos estão relacionados e organizados no currículo, isto é a estrutura do currículo, é fundamental para garantir a coerência conceptual que deve caracterizar uma educação científica de nível elevado.

De acordo com a investigação que tem sido realizada pelo Grupo ESSA², no âmbito da análise curricular (ex., Afonso *et al.*, 2013; Ferreira & Morais, 2014; Silva, Morais & Neves, 2013a), tem-se igualmente constatado que, nos currículos portugueses, tende a existir uma deficiente articulação vertical e horizontal entre os conhecimentos. Verifica-se também um reduzido nível de conceptualização dos conhecimentos, quando analisados com base na distinção entre factos, conceitos e teorias, e das capacidades cognitivas associadas a esses conhecimentos, nomeadamente capacidades relacionadas com os processos científicos, enquanto processos mentais que podem ter diferentes níveis de complexidade.

Admitindo que o nível de complexidade de um currículo pode ser apreciado a partir do nível de conceptualização dos conhecimentos e das capacidades cognitivas que veicula, ou seja, a partir do seu nível de exigência conceptual, esses dados vêm salientar a ideia de que a ciência que tende a ser valorizada nos processos de ensino e de aprendizagem apresenta um baixo nível de complexidade. Atendendo a que o nível de exigência conceptual é uma variável muito relevante na determinação de uma educação científica de qualidade (ex., Morais, & Neves, 2012) e que a educação científica ao longo da escolaridade deve envolver a construção dos alicerces onde se vão sustentar as novas aprendizagens, é crucial que o currículo e, posteriormente, a prática do professor revelem uma articulação conceptualmente coerente entre os conhecimentos, entre as capacidades cognitivas e entre estas duas dimensões.

Neste artigo, apresenta-se uma proposta de intervenção pedagógica em sala de aula, sustentada em argumentos, teóricos e empíricos, que defendem uma educação científica de nível elevado, isto é, uma educação científica que tenha como referência o nível de conceptualização e de coerência curricular dos conhecimentos e das capacidades cognitivas. No que respeita aos argumentos teóricos, dá-se particular atenção ao conceito de exigência conceptual, com referência aos pressupostos de natureza epistemológica, psicológica e sociológica que o sustentam (ex., Bernstein, 1990, 1999; Geake, 2009; Vygotsky, 1978) e à relação que se pode estabelecer entre as dimensões epistemológica e pedagógica do conhecimento científico (Morais & Neves, 2012). Alguns dos estudos, realizados pelo Grupo ESSA, que têm como objeto de análise a exigência conceptual a vários níveis do sistema educativo (ex., Calado, Neves & Morais, 2013; Castro, 2017; Ferreira & Morais, 2014, 2017; Morais, Neves, Ferreira *et al.*, 2014; Silva, Morais & Neves, 2013b) constituem a base dos argumentos empíricos a favor de uma educação científica de nível elevado.

Com a apresentação de uma proposta de intervenção pedagógica, pretende-se exemplificar a articulação e a coerência conceptual que devem existir em contextos de ensino e de aprendizagem de conhecimentos científicos sugerindo-se, para o efeito, três atividades laboratoriais centradas na relação fotossíntese-respiração. A articulação e a coerência conceptual entre estas atividades pretendem mostrar de que forma se pode elevar o nível de exigência conceptual, tendo em conta os vários níveis de escolaridade e a relação conceptual entre esses níveis.

Este artigo tem, assim, como principal objetivo a apresentação de uma proposta de intervenção pedagógica, centrada no 3.º ciclo do ensino básico³, sobre a inter-relação fotossíntese-respiração,

² O grupo ESSA – Estudos Sociológicos da Sala de Aula – é um grupo de investigação integrado na Unidade de Investigação, Desenvolvimento e Formação (UIDEF) do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa. <<http://essa.ie.ulisboa.pt/>>

³ Em Portugal, o 3.º ciclo do ensino básico é composto por três anos (12-15 anos de idade). Após o 3.º ciclo, os alunos ingressam no ensino secundário, também composto por três anos (16-18 anos de idade) e posteriormente no ensino superior. Nos 1.º e 2.º ciclos do ensino básico, respetivamente de quatro e de dois anos, as crianças têm entre 6 e 9 anos e entre 10 e 11 anos de idade.

fundamentada em argumentos teóricos e empíricos que defendem uma educação científica de nível elevado.

Como síntese das ideias apresentadas no artigo, tecem-se considerações sobre a importância, interesse e significado de atividades que sejam propiciadoras de aprendizagens científicas conceitualmente e coerentemente articuladas, nomeadamente quando estas não são valorizadas nos documentos curriculares oficiais.

EXIGÊNCIA CONCEPTUAL

Conceitos e fundamentos

A exigência conceptual corresponde ao nível de complexidade em educação científica, traduzido pela complexidade do conhecimento científico e das relações entre conhecimentos distintos de uma dada disciplina científica e também pela complexidade das capacidades cognitivas, tal como definido por Morais e Neves (2012). De acordo com esta definição, o nível de exigência conceptual pode ser perspectivado em função de três parâmetros (Figura 1). Dois desses parâmetros estão relacionados com o *que* do ensino/aprendizagem, isto é, com os conhecimentos científicos e capacidades cognitivas; o outro parâmetro, relacionado com o *como* do ensino/aprendizagem, refere-se à relação entre discursos, quando essa relação diz respeito a conhecimentos científicos da mesma disciplina (relações intradisciplinares).

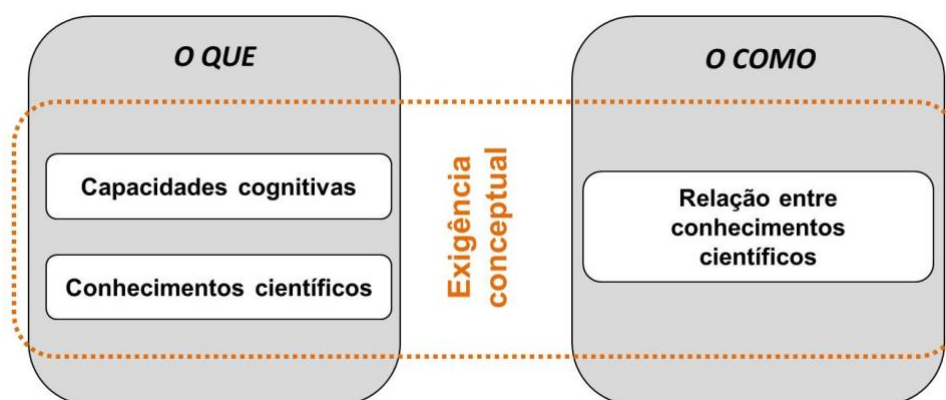


Figura 1 – Parâmetros de análise da exigência conceptual (adaptado de Ferreira & Morais, 2014).

Argumentos de natureza epistemológica, psicológica e sociológica permitem sustentar a importância do nível de exigência conceptual em educação científica, em particular quando se defende o acesso de todos os alunos ao conhecimento que é valorizado, em determinado momento, pela comunidade científica e pela sociedade.

Os fundamentos de natureza epistemológica relacionam-se com a construção do conhecimento científico e com a estrutura que caracteriza esse conhecimento. A afirmação de cientistas, como Hickman, Roberts e Larson (2002), de que o conhecimento científico é um corpo de conhecimento rigoroso, e a posição filosófica de Popper (1959) de que o conhecimento científico pode ser encarado como um sistema de teorias, são exemplos que sustentam a ideia de que, pela sua própria natureza, o conhecimento científico implica elevados níveis de conceptualização. Estas ideias podem e devem ter expressão no ensino e na aprendizagem, através da exploração de conhecimento conceptualizado, como é o caso das teorias científicas. Também o desenvolvimento de capacidades cognitivas de nível elevado, como é o caso da resolução de problemas ou da formulação de hipóteses, tem fundamentação na forma como se processa a construção da ciência (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007). Embora, por ser diversa, haja em filosofia da ciência diferentes posições sobre a atividade científica e sobre o rigor do conhecimento científico, existe uma ideia comumente aceite de que a ciência deve ser conceptualizada e que, tal como também defendido por outros autores (ex., Laudan, 1984), é uma atividade orientada para a resolução de problemas, em que a controvérsia desempenha um importante papel. A teorização de Bernstein (1999) sobre as estruturas de conhecimento⁴ fornece igualmente fundamentos de natureza epistemológica para um

⁴ Bernstein (1999) distingue duas modalidades de conhecimento dentro do discurso académico - estruturas hierárquicas de conhecimento e estruturas horizontais de conhecimento. As estruturas hierárquicas de conhecimento (como é o caso das ciências naturais) correspondem a formas de conhecimento que se caracterizam por integrar proposições e teorias que operam a níveis cada vez mais abstratos, no sentido de explicar a uniformidade subjacente a uma gama extensa de fenómenos aparentemente distintos.

ensino das ciências conceptualmente exigente. De acordo com este autor, o conhecimento científico possui uma estrutura hierárquica, que se traduz pela articulação entre níveis de conhecimento no sentido do desenvolvimento de teorias sucessivamente mais gerais, complexas e integradoras. Tendo em consideração a estrutura hierárquica do conhecimento científico, defende-se a ideia de que, para se aceder a esse conhecimento, ele deverá ser conceptualizado e não limitado a um conhecimento nominal e factual.

Os fundamentos de natureza psicológica baseiam-se também em vários autores, destacando-se por exemplo algumas das ideias de Bruner (1963) e de Geake (2009) relacionadas com a exigência conceptual ao nível dos conhecimentos. No caso de Bruner, a importância da exigência conceptual, ao nível dos conhecimentos, tem fundamento na sua teorização do currículo em espiral. Este autor defende que o currículo deve ser estruturado em espiral para que o aluno possa reanalisar o conhecimento adquirido, de uma forma cada vez mais aprofundada e com um nível de representação mais avançado. Geake (2009) ilustra a importância do currículo em espiral quando afirma que este, ao apresentar conceitos semelhantes em contextos novos e crescentemente mais complexos, oferece mais oportunidades para a repetição necessária a uma aprendizagem efetiva e eficaz e que “na conceção de um currículo, a profundidade deve sobrepor-se à abrangência, com prioridade sobre o conhecimento central” (p. 55). Também as ideias de Vygotsky (1978) permitem reforçar os argumentos psicológicos sobre a importância da exigência conceptual, quando este autor considera que um processo eficiente de ensino e de aprendizagem de conceitos deve proporcionar o desenvolvimento de capacidades cognitivas que conduzam ao desenvolvimento de processos mentais superiores, como a memória lógica e a abstração.

Para além de fundamentos epistemológicos e de fundamentos psicológicos, consideram-se também fundamentos sociológicos, para sustentar um ensino conceptualmente exigente quanto aos conhecimentos e capacidades a serem explorados com os alunos. Com base na teoria de Bernstein e de acordo com Morais (Domingos, 1989), o sucesso escolar numa sociedade democrática pressupõe o acesso de todos os alunos a conhecimento legitimado pela comunidade científica e pela sociedade, como promovendo o desenvolvimento de funções mentais superiores, permitindo-lhes assim o acesso ao discurso do poder e ao poder do discurso. Neste caso, está subjacente uma posição de cariz ideológico que nos remete para o princípio da igualdade social em termos de acesso de todos os alunos a um conhecimento científico que vá para além do conhecimento terminológico e factual.

Tendo em consideração a posição epistemológica de Bernstein (1999), quanto à estrutura hierárquica do conhecimento científico e a posição pedagógica quanto ao nível de exigência conceptual do conhecimento a ser objeto de transmissão (Figura 2), pode afirmar-se que um ensino limitado a um baixo nível de exigência conceptual limita o acesso dos alunos à estrutura hierárquica que caracteriza o conhecimento científico; pelo contrário, um currículo que apele a um elevado nível de exigência conceptual facilita o acesso dos alunos a essa estrutura. Deste modo, levar todos os alunos a ter acesso à estrutura hierárquica do conhecimento científico significa dar-lhes a oportunidade de aprender ciência num contexto conceptualmente exigente. Embora não exista uma relação direta entre a filosofia da ciência e a didática da ciência, se se tiver em mente a natureza hierárquica do conhecimento científico, é crível pensar que aprender ciência num contexto conceptualmente exigente (dimensão didática) permite aos alunos uma visão mais aproximada sobre a natureza da ciência (dimensão filosófica).

Estudos sobre exigência conceptual

Nos estudos realizados pelo Grupo ESSA, centrados em textos/contextos pedagógicos referentes a vários níveis do sistema educativo – currículos/programas, (incluindo os respetivos princípios gerais e princípios específicos), manuais escolares e práticas pedagógicas (ex., Calado, Neves & Morais 2013; Castro, 2017; Ferreira & Morais, 2014, 2017; Morais, Neves, Ferreira *et al.*, 2014; Silva, Morais & Neves, 2013b) – tem-se usado uma metodologia mista de investigação em que o teórico e o empírico são vistos de forma dialética (Morais & Neves, 2007). De acordo com este posicionamento metodológico, os modelos e instrumentos destinados a orientar a investigação têm sido desenvolvidos partindo de teorização das áreas da epistemologia, da psicologia e da sociologia mas tendo em conta as características específicas do

As estruturas horizontais de conhecimento (como é o caso das ciências sociais e das humanidades) são caracterizadas por uma série de linguagens especializadas com os seus modos especializados de questionamento e com critérios especializados para a produção e circulação de textos. Enquanto nas estruturas hierárquicas de conhecimento existe uma integração da linguagem, nas estruturas horizontais de conhecimento existe uma acumulação de linguagens. Se tomarmos a Biologia como um exemplo de conhecimento de estrutura hierárquica (Morais & Neves, 2012), pode dizer-se que a teoria da evolução ou a teoria celular contém princípios que integram e unificam ideias relacionadas com um conjunto de fenómenos biológicos e que o desenvolvimento destas teorias resulta de uma conceptualização cada vez mais abrangente de teorias anteriores sobre os mesmos fenómenos.

contextos empíricos em análise. Através destes estudos, tem sido possível analisar o nível de exigência conceptual presente em cada um dos textos/contextos referidos, tendo em consideração a complexidade do conhecimento científico, a complexidade das capacidades cognitivas e a complexidade da relação entre conhecimentos científicos. Também tem sido possível analisar o sentido e o grau de recontextualização que ocorrem entre esses textos/contextos, com base na comparação das respetivas mensagens, por exemplo as transformações que ocorrem entre os currículos, os manuais escolares e as práticas pedagógicas dos professores. A Figura 3 apresenta, em síntese, o esquema da investigação desenvolvida em Portugal pelo Grupo ESSA.

O nível de exigência conceptual nos textos/contextos pedagógicos em estudo tem sido, assim, analisado em função dos três parâmetros que definem esse nível: complexidade dos conhecimentos científicos, complexidade das capacidades cognitivas e complexidade da relação entre diferentes conhecimentos científicos da mesma disciplina (relação intradisciplinar). Para proceder à análise de cada um destes parâmetros, foram construídos instrumentos que contêm os indicadores de análise adequados a cada texto/contexto e os valores de uma escala organizada em função dos conceitos que permitem caracterizar cada um dos indicadores. Na definição dos indicadores e dos valores de cada escala, teve-se em conta quer os conceitos teóricos que dirigiram a análise quer os dados empíricos presentes em cada texto/contextos. Os textos foram ainda organizados em unidades de análise, correspondendo cada unidade de análise a um excerto do texto, com um ou mais períodos, que no seu conjunto tivesse um determinado significado semântico (Gall, Gall & Borg, 2007). Cada unidade de análise foi associada a um indicador previamente definido e analisada através dos diferentes instrumentos construídos⁶.

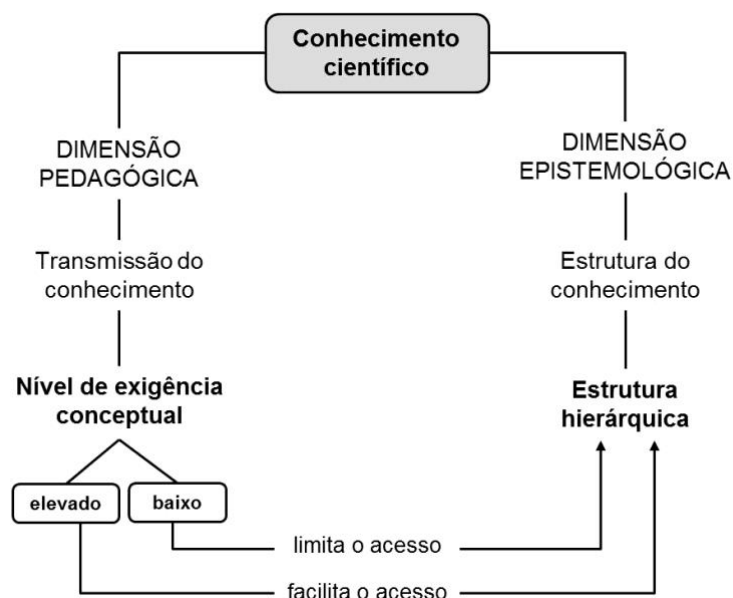


Figura 2 – Exigência conceptual e estrutura do conhecimento no contexto educacional das ciências (adaptado de Morais & Neves, 2012).

Análise da complexidade do conhecimento científico

A complexidade do conhecimento científico pode ser analisada com base na distinção entre factos, conceitos simples, conceitos complexos e temas unificadores/teorias, estabelecida a partir de definições apresentadas por diversos autores (ex., Anderson *et al.*, 2001; Cantu & Herron, 1978). Considera-se que um facto é constituído a partir “*de dados que resultam da observação*” (Brandwein, Watson & Blackwood, 1958,

⁵ Por exemplo em estudos sobre currículos e programas (ex., Ferreira & Morais, 2014) foram estabelecidos como indicadores as secções que habitualmente estes textos contêm, independentemente da designação específica que lhes é atribuída – Conhecimentos, Finalidades, Orientações Metodológicas e Avaliação. Nos estudos centrados em práticas pedagógicas (ex., Ferreira & Morais, 2018; Silva, Morais, & Neves, 2013b), os indicadores foram estabelecidos com base em ocorrências que caracterizaram as situações em sala de aula e que, naturalmente, dependeram do tipo de prática e do nível de escolaridade – por exemplo, ao nível do 1.º ciclo do ensino básico, alguns dos indicadores considerados foram ‘Discussão das questões das atividades dos alunos’, ‘Elaboração de sínteses’ e ‘Dúvidas/questões dos alunos’.

⁶ No site do grupo ESSA estão disponíveis alguns dos instrumentos elaborados:

<http://essa.ie.ulisboa.pt/materiais_instrumentos_texto.htm> (Análise Sociológica de Textos Pedagógicos).

p. 111), correspondendo a uma situação muito concreta baseada em várias observações, como por exemplo “a água pura ferve a (ou próximo de) 100 °C” ou “o sal comum dissolve-se na água enquanto o giz não se dissolve” (Millar, Tiberghien & Maréchal, 2002, p. 13). Um conceito é uma “construção mental, um grupo de elementos ou atributos comuns partilhados por certos objetos ou eventos” (Brandwein et al., 1980 p. 12) e representa uma ideia que surge da combinação de vários factos ou de outros conceitos. Os conceitos simples caracterizam-se por ter um baixo nível de abstração, com atributos definidores e exemplos que são observáveis (Cantu & Herron, 1978), como é o caso dos conceitos de árvore e de inseto (ao seu nível mais baixo de compreensão). Os conceitos complexos equivalem aos conceitos abstratos definidos por Cantu e Herron (1978) como sendo aqueles que, ao contrário dos anteriores, não têm exemplos perceptíveis ou, então, têm atributos definidores que não são perceptíveis, como é o caso dos conceitos de fotossíntese e de respiração celular. Os temas unificadores dizem respeito a ideias estruturantes e correspondem, em ciências, às generalizações sobre o mundo que são aceites pelos académicos em cada área específica (Pella & Voelker, 1968) como, por exemplo, o tema “os organismos interagem com o ambiente, trocando matéria e energia” (Campbell & Reece, 2008, p. 6). As teorias científicas, como a teoria celular e a teoria da evolução, correspondem a explicações sobre uma ampla variedade de fenómenos relacionados e que já foram sujeitas a testagem significativa (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007).

Nos estudos realizados pelo Grupo ESSA (ex., Afonso et al., 2013; Ferreira & Morais, 2014), a análise da complexidade do conhecimento científico parte desta teorização e, por isso, a escala do instrumento de análise deste parâmetro foi construída em função de quatro níveis. O nível mais simples inclui conhecimento de reduzida complexidade, como factos e o nível mais elevado inclui conhecimento de complexidade muito elevada, como temas unificadores e/ou teorias. Um dos dois níveis intermédios inclui conhecimento traduzido por conceitos simples e o outro nível inclui conhecimento traduzido por conceitos complexos.

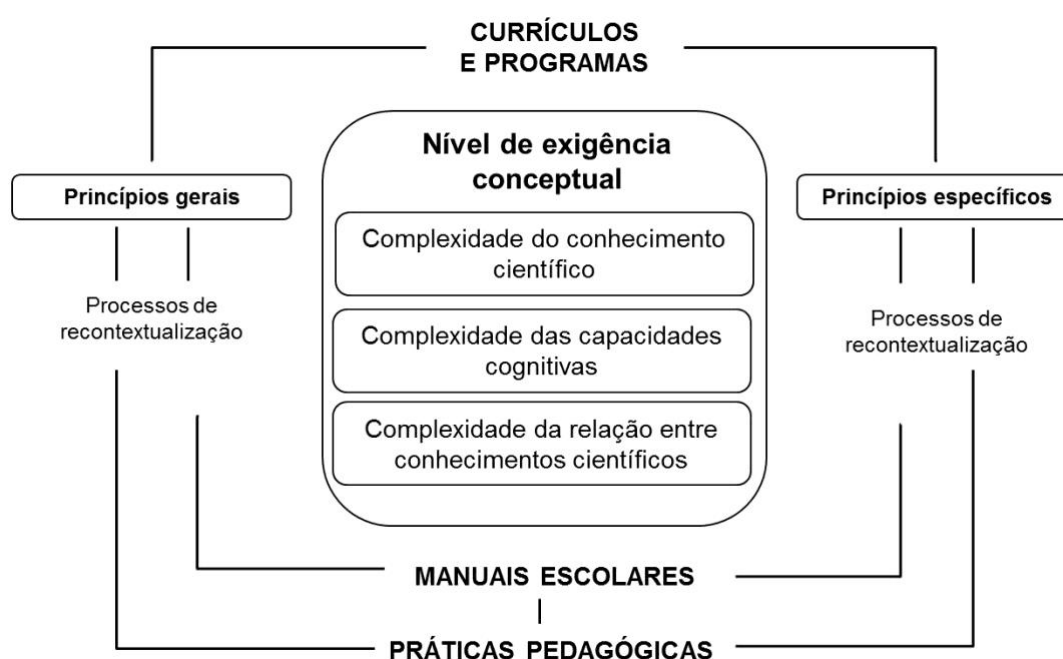


Figura 3 – Nível de exigência conceptual de textos educacionais e processos de recontextualização (adaptado de Morais & Neves, 2012).

Análise da complexidade das capacidades cognitivas

A complexidade das capacidades cognitivas pode ser analisada com base em diferentes taxonomias de categorização dessas capacidades, de que são exemplo a taxonomia revista de Bloom (Anderson et al., 2001) e a taxonomia de Marzano (Marzano & Kendall, 2007).

A taxonomia revista de Bloom contém, para o sistema cognitivo, seis categorias hierarquicamente organizadas – ‘recordar’, ‘compreender’, ‘aplicar’, ‘analisar’, ‘avaliar’ e ‘criar’ – em que ‘recordar’ é a categoria menos complexa e ‘criar’ a mais complexa. A categoria ‘recordar’ envolve a evocação de

conhecimento da memória de longo prazo e os processos cognitivos de memorizar e reconhecer; a categoria 'compreender' inclui processos cognitivos de clarificar e exemplificar (nível mais elementar da compreensão) e também processos cognitivos de classificar, comparar e explicar (nível mais complexo da compreensão); a categoria 'aplicar' envolve a utilização de informação numa nova situação, como a aplicação de um procedimento a uma tarefa que é familiar (processo cognitivo de executar) e também a aplicação de um procedimento a uma tarefa que não é familiar (processo cognitivo de implementar); a categoria 'analisar' integra os processos cognitivos de diferenciar, organizar e desconstruir; a categoria 'avaliar' envolve os processos cognitivos de testar e de criticar e a categoria 'criar' os processos cognitivos de formular hipóteses, planificar e produzir.

A taxonomia de Marzano contém quatro níveis para o sistema cognitivo – 'recuperação', 'compreensão', 'análise' e 'utilização do conhecimento'. A 'recuperação' (primeiro nível do sistema cognitivo) envolve a ativação e transferência do conhecimento da memória permanente para a memória em ação e é uma questão de reconhecimento ou de recordação; a 'compreensão' é responsável pela tradução do conhecimento para uma forma apropriada de armazenamento na memória permanente e envolve dois processos relacionados – a integração e a simbolização; o nível de 'análise' envolve a produção de nova informação que o indivíduo pode elaborar na base do conhecimento que foi compreendido; o nível mais complexo do sistema cognitivo implica a utilização do conhecimento em situações concretas e envolve quatro categorias gerais: tomada de decisão, resolução de problemas, experimentação e investigação.

Nos estudos do Grupo ESSA a complexidade das capacidades cognitivas foi analisada através de instrumentos que, em geral, contém quatro níveis⁷. Em alguns estudos (ex., Afonso *et al.*, 2013; Calado, Neves & Morais, 2013), tem-se utilizado a versão revista da taxonomia de Bloom. Neste caso, o nível mais baixo de complexidade tem incluído não só os processos cognitivos associados à categoria 'recordar', mas também os processos cognitivos menos complexos da categoria 'compreender' (clarificar e exemplificar). O nível mais elevado de complexidade tem incluído os processos cognitivos associados às categorias 'avaliar' e 'criar'. Além destes níveis extremos de complexidade, têm sido considerados dois níveis intermédios: (a) um nível que engloba os processos cognitivos mais complexos da categoria 'compreender' (classificar, resumir, inferir, comparar e explicar) e também o processo cognitivo menos complexo da categoria 'aplicar' (executar); (b) um nível que engloba o processo cognitivo mais complexo da categoria 'aplicar' (implementar) e os processos cognitivos da categoria 'analisar'. Noutros estudos (ex., Ferreira & Morais, 2014, 2018) tem-se utilizado a taxonomia de Marzano e, neste caso, os quatro níveis de complexidade correspondem aos quatro níveis desta taxonomia para o sistema cognitivo: recuperação, compreensão, análise e utilização do conhecimento.

Análise da complexidade da relação entre conhecimentos

A complexidade da relação entre conhecimentos de uma mesma disciplina (relação intradisciplinar) pode ser analisada através do conceito de classificação de Bernstein (1990, 2000). A classificação diz respeito ao estabelecimento de fronteiras mais ou menos acentuadas, neste caso, entre conhecimentos distintos dentro de uma determinada disciplina. Fronteiras marcadas (classificação forte) correspondem a uma situação em que não existe relação entre conhecimentos distintos da disciplina e fronteiras esbatidas (classificação fraca) correspondem a uma situação em que existe uma forte relação entre conhecimentos distintos dessa mesma disciplina.

Na investigação realizada pelo Grupo ESSA (ex., Calado, Neves & Morais, 2013; Silva, Morais, & Neves, 2013a, 2013b), a complexidade desta relação tem sido analisada através de instrumentos que contém quatro valores de classificação. O valor mais baixo de classificação (C-) traduz o nível de complexidade mais elevado na relação intradisciplinar e o valor mais elevado (C++) traduz o nível de complexidade mais baixo nesta relação intradisciplinar; os valores intermédios de classificação (C- e C+) correspondem a situações intermédias quanto ao nível de complexidade da relação intradisciplinar. De modo a operacionalizar estes níveis, conjugou-se o grau de complexidade dos conhecimentos envolvidos na relação com o grau de abrangência dessa relação. No que respeita à complexidade dos conhecimentos, consideraram-se dois níveis: (1) conhecimentos de nível simples, incluindo factos e conceitos simples; e (2) conhecimentos de nível elevado, incluindo conceitos complexos, temas unificadores e/ou teorias. No que respeita à abrangência da relação, consideraram-se duas situações: (1) relação entre conhecimentos do mesmo tema e (2) relação entre conhecimentos de temas diferentes. Para esta operacionalização, partiu-se dos seguintes pressupostos: a relação entre conhecimentos de temas diferentes representa um grau maior de intradisciplinaridade do que a relação entre conhecimentos do mesmo tema; o nível de complexidade

⁷ Em alguns estudos, centrados nos primeiros anos de escolaridade (ex., Silva, Morais, & Neves, 2014a), a complexidade do conhecimento científico foi analisada apenas com base em três níveis.

(simples ou elevado) dos conhecimentos envolvidos na relação contribui mais para o estabelecimento de um maior grau de intradisciplinaridade do que o facto de esta ocorrer dentro do mesmo tema ou entre temas diferentes. Assim, estabeleceu-se que os valores mais fortes de classificação (C++ e C+) correspondem a situações em que ocorre relação entre conhecimentos de ordem simples, quer estes sejam relativos ao mesmo tema (C++) ou a temas diferentes (C+). Os valores mais fracos de classificação (C- e C- -) correspondem a situações em que ocorre relação entre conhecimentos de ordem complexa, ou entre estes e os conhecimentos de ordem simples, do mesmo tema (C-) ou de temas diferentes (C- -)⁸.

Alguns resultados

Com base nos resultados dos estudos do Grupo ESSA (ex., Afonso *et al.*, 2013) sobre currículos/programas e práticas pedagógicas, nos três ciclos de educação básica, foi possível constatar que, em qualquer dos ciclos, o nível de complexidade dos conhecimentos, das capacidades cognitivas e da relação intradisciplinar é globalmente baixo e que esse nível diminui quando se passa dos princípios gerais para os princípios específicos dos programas e quando se passa dos programas para as práticas pedagógicas. Quando se comparam os níveis de complexidade dos três parâmetros de exigência conceptual, verifica-se que o nível de complexidade da relação entre conhecimentos (intradisciplinaridade) é, globalmente e em termos relativos, mais baixo do que o nível de complexidade dos conhecimentos e das capacidades cognitivas.

O facto de os textos pedagógicos analisados apelarem predominantemente a conhecimentos científicos e a capacidades cognitivas de níveis baixos de complexidade não permite estabelecer uma relação profunda e alargada entre os conhecimentos, de forma a explorar conceitos complexos e esquemas conceptuais. Além disso, também não permite promover o desenvolvimento e a mobilização de capacidades cognitivas complexas, como a análise, a síntese e a criação, essenciais para se atingirem níveis conceptuais elevados. Estes resultados vêm dar apoio à ideia de que, em contexto escolar, é necessário alterar esta tendência se se pretender promover um ensino de qualidade.

Com a proposta de intervenção pedagógica que se apresenta neste artigo pretende-se exemplificar de que forma se pode, em função do nível de escolaridade, elevar o nível de conceptualização dos conhecimentos e das capacidades cognitivas e como se pode, ao longo dos vários níveis de escolaridade, alcançar a articulação conceptual desejável a nível curricular.

PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA

Nota introdutória

A proposta de intervenção pedagógica que se apresenta destina-se a ser usada em contexto de sala de aula e, embora centrada no 3.º ciclo do ensino básico, contém referências a alguns aspetos a ter em consideração nos 1.º e 2.º ciclos e no ensino secundário⁹, salientando-se uma possível relação conceptual entre os diferentes níveis de escolaridade. A seleção do tema que constitui o foco da proposta de intervenção – inter-relação fotossíntese-respiração – deve-se ao facto de muitos autores (ex., Amir & Tamir, 1994; Millar & Osborne, 1998) considerarem que o processo de fotossíntese é um dos tópicos mais importantes em Biologia, devendo, por isso, ser ensinado na escola em diferentes níveis de ensino e de salientarem a sua importância no processo de ensino e de aprendizagem das ciências, contribuindo para o desenvolvimento da literacia científica dos alunos.

A fotossíntese e a respiração são dois processos fundamentais que influenciam o ciclo de matéria e o fluxo de energia na biosfera. Para compreender de que forma um organismo, um ecossistema ou a biosfera funcionam, é necessário perceber as diferenças entre os dois processos metabólicos, a inter-relação que estabelecem entre si, bem como os aspetos que têm em comum. A abordagem do conhecimento científico sobre a complementaridade entre os processos de fotossíntese e respiração no currículo de ciências assume especial importância já que vários estudos têm vindo a evidenciar que os alunos apresentam diversas conceções alternativas sobre esta temática (ex., Griffard & Wandersee, 2001). Outros autores chamam a atenção para o facto de as dificuldades no processo de ensino e de aprendizagem dos conceitos de fotossíntese e de respiração se deverem ao seu elevado grau de

⁸ Nos estudos onde foram usados estes quatro níveis de intradisciplinaridade (ex., Calado, Neves & Morais, 2013), houve necessidade de incluir, no primeiro nível, a situação em que estão omissos conhecimentos científicos (ex., conceito de homeostasia nas Orientações Curriculares do 3.º ciclo do ensino básico) considerados indispensáveis à compreensão da relação entre determinados conhecimentos.

⁹ Ver nota 3.

complexidade (Melillán, Cañal & Veja, 2006). Defende-se, contudo, que esta é uma temática que pode e deve ser abordada no ensino básico, com as devidas adaptações aos diferentes níveis de escolaridade. Trata-se de um assunto importante em termos de literacia científica para todos os alunos e, por isso, deve ser estudado até ao 3.º ciclo, antes que muitos alunos no ensino secundário optem por uma área não científica, de estrutura horizontal (não hierárquica)¹⁰, como por exemplo a história.

Considera-se que, para que um determinado tema seja explorado com um nível elevado de exigência conceptual, é indispensável explicitar os conceitos que os alunos deverão adquirir. No caso do tema selecionado e tendo em conta o contexto do 3.º ciclo, o conceito global mais amplo que os alunos irão alcançar no final do processo de ensino e de aprendizagem está relacionado com o fluxo de energia e o ciclo de matéria nos ecossistemas, ambos previstos no currículo de Ciências Naturais português, quer no documento das Orientações Curriculares (DEB, 2002), quer no documento das Metas Curriculares (MEC, 2013, 2014). O conceito global é o seguinte: O fluxo de energia e o ciclo de matéria na biosfera são assegurados pela relação fotossíntese/respiração. A partir deste conceito global, é possível definir três conceitos principais (Campbell & Reece, 2008; Domingos, Neves & Galhardo, 1983): (1) em qualquer ecossistema ocorrem simultaneamente a fotossíntese e a respiração, estando o ciclo do oxigénio estreitamente ligado ao ciclo do carbono; (2) a matéria orgânica fabricada no processo da fotossíntese, a partir da água e do dióxido de carbono, com simultânea produção e libertação de oxigénio, é degradada através da respiração dos seres vivos, da qual resulta água e dióxido de carbono que ficam novamente disponíveis para a fotossíntese (ciclo de matéria); (3) a matéria orgânica, sintetizada pelos organismos fotossintéticos, contém energia química que tem origem na energia luminosa e que se liberta através da respiração para ser utilizada pelos seres vivos, dissipando-se parcialmente sob a forma de calor (fluxo de energia). Estes conceitos são conceitos amplos, englobando conceitos menos abrangentes e ainda factos que podem ser novos ou lembrados (prevendo-se que já tenham sido abordados no 2.º ciclo).

Para além da explicitação dos conceitos, é também fundamental planificar atividades que permitam explorar capacidades cognitivas a um nível elevado, de forma a garantir a exigência conceptual pretendida. As atividades que se sugerem na proposta apresentada são atividades laboratoriais e a forma como são exploradas irá depender do nível de inquérito pretendido. De acordo, por exemplo, com Bell e colaboradores (2005), as atividades laboratoriais podem ser planificadas com diferentes graus de complexidade, no que respeita às capacidades envolvidas: no nível mais baixo (nível 1 – atividade de confirmação), os alunos conhecem os resultados pretendidos e o professor fornece a questão e o procedimento; no nível mais elevado (nível 4 – atividade aberta), os alunos formulam as questões e elaboram os seus procedimentos; entre estes dois níveis situam-se as atividades de inquérito estruturado (nível 2), em que os alunos investigam uma questão, seguindo um determinado procedimento, ambos apresentados pelo professor e as atividades de inquérito guiado (nível 3) em que é solicitado aos alunos que elaborem o procedimento de modo a responder à questão de investigação apresentada pelo professor¹¹. A escala dos níveis de inquérito deve ser encarada como um contínuo, em que os alunos devem progredir gradualmente dos níveis mais baixos para os níveis mais elevados, ao longo de um ano letivo. Apesar de se pretender levar os alunos a desenvolverem capacidades envolvidas numa atividade de nível aberto, não se pode esperar que se iniciem a partir desse elevado nível de inquérito. Também, se ao longo do ano os alunos realizarem apenas atividades de baixo nível, não se pode esperar que eles participem em investigações de elevado nível, que conduzam ao desenvolvimento de funções mentais superiores.

Atividades

De forma a levar os alunos a compreender a inter-relação fotossíntese/respiração e, como consequência, a compreender que estes processos asseguram o ciclo de matéria e o fluxo de energia nos ecossistemas, como anteriormente explicitado, sugerem-se três atividades laboratoriais – Atividades A, B e C – que, quanto às capacidades cognitivas envolvidas, podem ser exploradas com diferentes níveis de complexidade.

Atividade A

A Figura 4 ilustra parte da montagem experimental desta atividade, a qual permite explorar a interdependência entre animais e plantas, evidenciada pelo facto de as plantas absorverem, no processo de fotossíntese, o dióxido de carbono (CO₂) libertado pelos animais e pelas próprias plantas, no processo de respiração. Nesta atividade está envolvida a interação de duas variáveis qualitativas: presença/ausência de

¹⁰ Ver nota 4.

¹¹ As atividades dos dois primeiros níveis são normalmente conhecidas como atividades laboratoriais “tipo receita”, uma vez que incluem instruções passo a passo.

luz e presença/ausência de planta. Partindo da proposta apresentada por Domingos, Neves e Galhardo (1983), a montagem experimental desta atividade é colocada na presença constante de luz com recurso, por exemplo, a um candeeiro LED, para evitar o efeito do aumento da temperatura nos tubos. Para testar o efeito da variável luz na fotossíntese, usa-se outra montagem experimental, igual à anterior, mas em que cada um dos tubos de ensaio é completamente forrado com papel de alumínio. Os dois conjuntos de tubos são mantidos no mesmo local, lado a lado. Como indicador de dióxido de carbono, pode usar-se o azul de bromotimol dado que muda de cor se o pH da solução se alterar (CIBT, 2008). É amarelo em soluções ácidas (em que está presente dióxido de carbono) e azul em soluções básicas (em que não está presente dióxido de carbono). A planta da espécie *Elodea densa* e o caracol da espécie *Planorbis sp.* são seres vivos aquáticos que se podem utilizar.

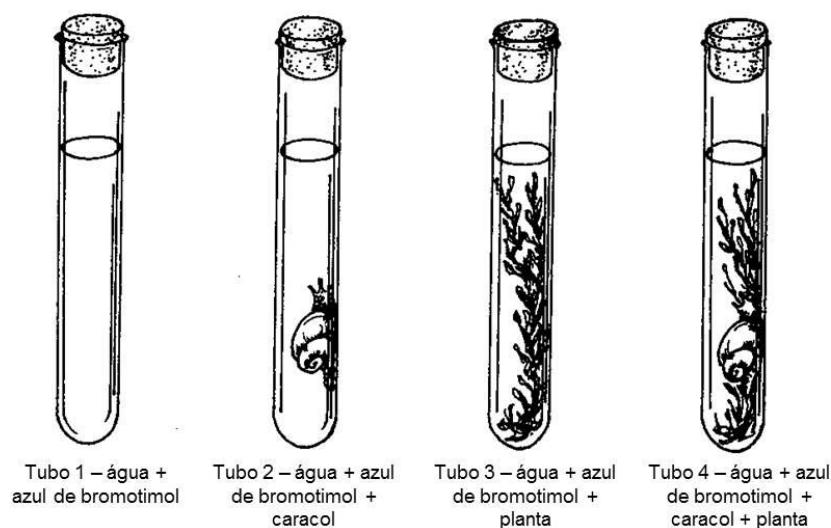


Figura 4 – Montagem experimental da primeira atividade laboratorial – Atividade A (Domingos, Neves & Galhardo, 1983).

Considera-se importante para o desenvolvimento de capacidades cognitivas, nomeadamente de processos científicos e também de capacidades psicomotoras, que os alunos realizem esta atividade laboratorial. No entanto, na eventualidade dessa realização ser impossível, os alunos podem interpretar e discutir os resultados que poderiam obter após a realização da atividade (Tabela 1). A exploração vai depender do nível de inquérito que, no caso desta atividade, pode e deve ser mais aberto, permitindo que os alunos possam, por exemplo, colocar hipóteses e/ou apresentar um plano experimental.

Tabela 1 – Possíveis resultados da Atividade A.

Tubo	Resultados (cor do azul de bromotimol)	
	Com Luz	Sem Luz
1	Azul	Azul
2	Amarelo	Amarelo
3	Azul	Amarelo
4	Azul	Amarelo

Adaptado de Domingos, Neves e Galhardo (1983)

A discussão dos resultados pode incluir a referência ao controlo experimental, levando os alunos a compreender que não só o tubo 1, mas também outros tubos têm a função de controlo. O tubo 1 é usado como controlo de toda a experiência, permitindo concluir que o resultado observado nos outros tubos (em ambas as séries) se deve à atividade dos seres vivos neles presentes e não a uma alteração na cor do indicador. Os tubos 2 e 3 podem ser vistos como controlo, na medida em que é a comparação entre os

resultados neles observados e o resultado obtido no tubo 4 que permite compreender a interação animal-planta. Por exemplo, na série à luz, a comparação entre os tubos 2 e 4 permite concluir que o dióxido de carbono libertado pelo animal (tubo 2 – amarelo) é absorvido pela planta (tubo 4 – azul).

A interpretação dos resultados será mais profunda se a atividade laboratorial for realizada por vários grupos de alunos, centrando-se a discussão nas semelhanças e diferenças que poderão surgir com base nas várias experiências. Mesmo que a atividade não seja realizada, os resultados a serem interpretados podem incluir algumas discrepâncias cuja explicação pode ser objeto de discussão. Situações como ter um tubo 1 com cor amarela, um tubo 2 ou um tubo 4 (série à luz) com cor esverdeada são exemplos de resultados discrepantes que podem ser explorados e discutidos em termos de hipóteses explicativas – no caso do tubo 1, a possibilidade de o tubo ter ficado mal rolhado, permitindo a entrada de ar; no caso do tubo 2, a eventualidade de haver menor quantidade de dióxido de carbono libertado associado a uma menor taxa de metabolismo do animal; no caso do tubo 4 (série à luz), a possibilidade de a planta não ter absorvido todo o dióxido de carbono libertado pelo animal e pela própria planta.

Atividade B

Nesta atividade recorre-se a uma montagem experimental semelhante à anterior (Figura 4), mas em que se pretende que os alunos adquiram a ideia, associada à inter relação fotossíntese/respiração, de que as plantas expostas à luz libertam o oxigénio (O₂) que os animais consomem. Neste caso, em vez de azul de bromotimol, usa-se azul de metileno, que é um indicador de oxidação-redução. Na sua forma oxidada, ou seja, num ambiente rico em oxigénio, tem cor azul e na sua forma reduzida, o que acontece quando o oxigénio é consumido, fica incolor (ACC, 2006). Na Tabela 2 apresentam-se possíveis resultados desta atividade laboratorial.

Esta atividade poderá ser explorada seguindo procedimentos de execução, interpretação e discussão semelhantes aos usados na atividade anterior.

Tabela 2 – Possíveis resultados da Atividade B.

Tubo	Resultados (cor do azul de metileno)	
	Com Luz	Sem Luz
1	Azul	Azul
2	Incolor	Incolor
3	Azul	Incolor
4	Azul claro	Incolor

A partir das atividades A e B, o professor, em discussão com os alunos, deverá fazer uma síntese dos resultados, para deixar explícita a relação entre fotossíntese e respiração, através da existência de fluxos de dióxido de carbono e de oxigénio entre plantas e animais, na presença de luz. O esquema da Figura 5 traduz essa síntese e contém duas dimensões interligadas. A dimensão inferior da figura, relativa aos fluxos de dióxido de carbono, esquematiza a conclusão retirada dos resultados da primeira atividade (Atividade A). Os alunos verificaram que, na presença de luz, o dióxido de carbono libertado pelo caracol, e pela própria planta, na respiração é utilizado pela planta na fotossíntese, ou seja, o dióxido de carbono constitui um fluxo negativo para o caracol e, simultaneamente, um fluxo positivo para a planta. Retomando conhecimentos anteriores sobre fotossíntese e respiração, é estabelecida a relação entre estes fluxos e os dois processos vitais, tal como evidenciado no esquema. A dimensão superior da Figura 5, relativa aos fluxos de oxigénio, esquematiza a conclusão retirada dos resultados da segunda atividade (Atividade B).

Com base nesta síntese, é possível explicitar o primeiro dos conceitos previamente estabelecidos e que está mais diretamente relacionado com o ciclo de matéria: *Em qualquer ecossistema, a fotossíntese e a respiração ocorrem simultaneamente, estando o ciclo do oxigénio estreitamente ligado ao ciclo do carbono.*

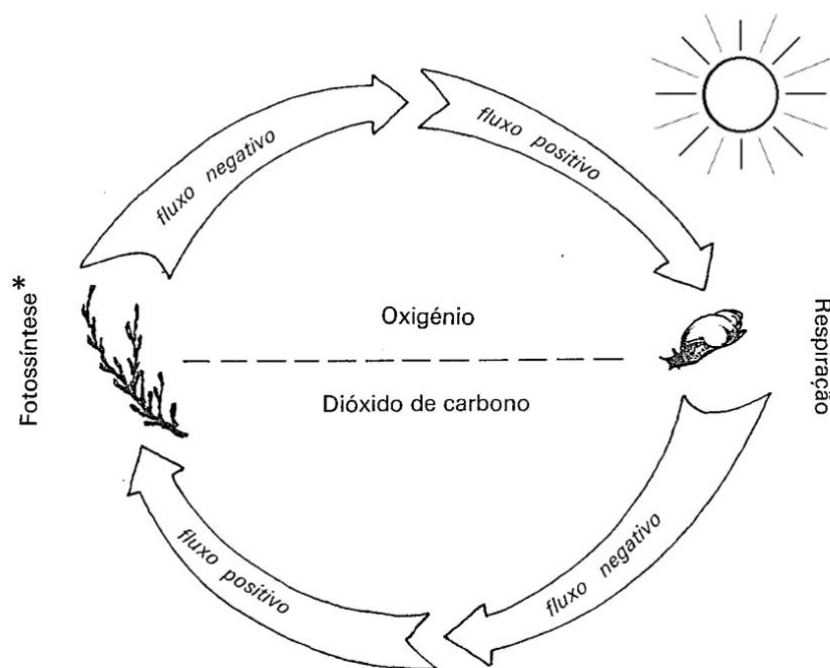


Figura 5 – Fluxos de oxigênio e de dióxido de carbono entre animais e plantas, na presença de luz (adaptado de Domingos, Neves & Galhardo, 1983). *Na presença de luz, a planta também realiza a respiração, mas com fluxos inferiores aos da fotossíntese.

Atividade C

Com a terceira atividade pretende-se introduzir a ideia de fluxo de energia, de forma que os alunos compreendam que, na respiração, a energia química da matéria orgânica se dissipa, parcialmente, sob a forma de calor. Uma possível proposta de atividade, adaptada das atividades apresentadas por Dzoma (2015) e Veerendra (2017), tem como objetivo evidenciar a libertação de calor durante a respiração das células de sementes em germinação. A montagem experimental está representada na Figura 6.

Nesta atividade, podem ser usadas, por exemplo, sementes de ervilha, colocadas previamente de molho em água, durante dois a três dias, e lavadas com álcool 70° (para matar microrganismos que possam estar nas sementes). Depois de dividir as sementes em dois grupos iguais, um grupo é colocado na garrafa térmica A e o outro grupo, depois de ferver as sementes, é colocado na garrafa térmica B. Diariamente, durante quatro a cinco dias, a temperatura ambiente da sala e a temperatura de cada frasco deve ser registada¹². No gráfico da Figura 7 apresentam-se possíveis resultados desta atividade.

O esquema apresentado na Figura 8 pode surgir como síntese das ideias discutidas no conjunto das três atividades, permitindo explicitar dois dos conceitos previamente estabelecidos: *a matéria orgânica fabricada no processo da fotossíntese, a partir da água e do dióxido de carbono, com simultânea libertação de oxigênio, é degradada através da respiração dos seres vivos, da qual resulta água e dióxido de carbono que ficam novamente disponíveis para a fotossíntese (ciclo de matéria); a matéria orgânica, sintetizada pelos organismos fotossintéticos, contém energia química que tem origem na energia luminosa e que se liberta através da respiração para ser utilizada pelos seres vivos, dissipando-se parcialmente sob a forma de calor (fluxo de energia).*

¹² Tal como acontece com a maioria das atividades experimentais em Biologia, esta atividade pressupõe o registo sistemático dos dados ao longo de vários dias. Este facto não deve impedir que a observação dos resultados seja feita pelos alunos; implica, sim, haver um escalonamento das tarefas de forma a que, por exemplo, nos dias em que os alunos não têm aulas, haja dois alunos que, com a ajuda do professor, façam o registo dos resultados de todos os grupos.

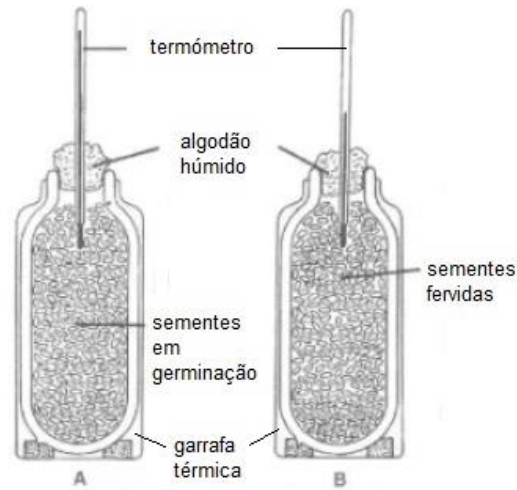


Figura 6 – Montagem experimental da Atividade C (adaptado de Veerendra, 2017).

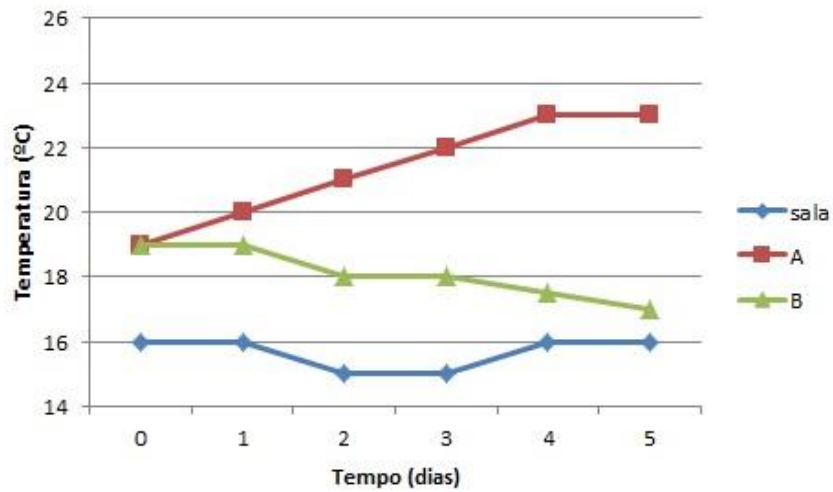


Figura 7 – Possíveis resultados da Atividade C.

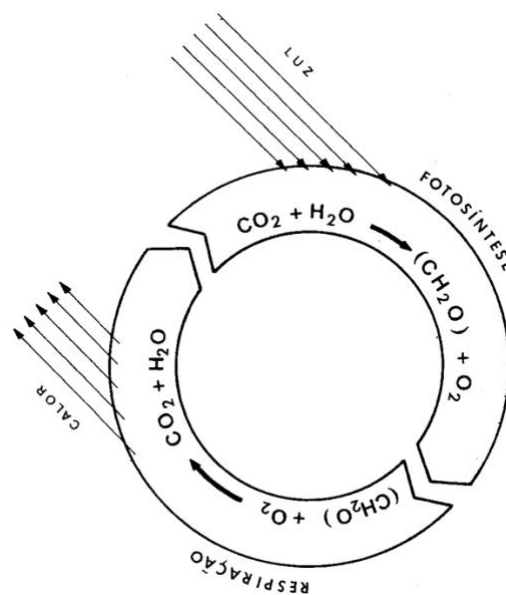


Figura 8 – Relação entre os processos de fotossíntese e de respiração (Domingos, Neves & Galhardo, 1983).

Com as três atividades que se propõem para o 3.^o ciclo, é possível fazer uma articulação com o conhecimento sobre fotossíntese adquirido no 2.^o ciclo¹³ e completar a ideia relacionada com a inter-relação fotossíntese/respiração e com o ciclo de matéria e o fluxo de energia na biosfera.

Ao estabelecer-se uma articulação entre os conhecimentos adquiridos nas três atividades, está-se a promover uma forte relação intradisciplinar. Esta relação, que é reforçada quando se articulam os conhecimentos adquiridos no 3.^o ciclo com os conhecimentos adquiridos previamente no 2.^o ciclo, constitui um meio adicional de elevar o nível de conceptualização dos conhecimentos a serem apreendidos.

Para além de permitirem uma aprendizagem científica de nível elevado em termos de conhecimentos, as atividades propostas permitem também o desenvolvimento de capacidades cognitivas de grau elevado, na medida em que a sua exploração pode incluir a interpretação de resultados, a formulação de hipóteses, o planeamento experimental, para além da simples observação e/ou manipulação de material.

Coerência conceptual a nível curricular

Os conceitos de fotossíntese e de respiração e sua inter-relação, enquanto conhecimentos que estão recorrentemente presentes em programas das disciplinas de Estudo do Meio, Ciências Naturais e de Biologia e Geologia, podem ilustrar a articulação vertical que deve estar presente nos vários níveis de escolaridade, para que seja possível obter coerência conceptual, como esquematizado na Tabela 3. Dado que a proposta de intervenção pedagógica, que se inclui no presente artigo, se centra no 3.^o ciclo de escolaridade, a seta que traduz, no esquema da Tabela 3, a articulação pretendida pode ser lida nos dois sentidos indicados.

Nesse esquema dá-se relevo a três aspetos fundamentais a ter presentes na articulação vertical: (1) explicitação dos conceitos; (2) exemplos de exploração; e (3) níveis de organização biológica. Com a explicitação dos conceitos, em termos dos diferentes níveis de ensino, pode ter-se uma ideia da diferença na conceptualização do conhecimento (neste caso, relação entre fotossíntese e respiração). Os exemplos de exploração ajudam a relacionar os conceitos com a forma de os abordar, sem haver repetições de atividades em diferentes níveis de escolaridade. Quanto aos níveis de organização biológica, a sua referência permite indicar o nível de organização mais representado em cada nível de escolaridade¹⁴.

Partindo dos conceitos focados no 3.^o ciclo (Tabela 3), julga-se que, no 2.^o ciclo, os processos de fotossíntese e de respiração devem ser estudados sem se evidenciar a sua relação com o fluxo de energia e o ciclo de matéria nos ecossistemas. Podem ser realizadas atividades que, por exemplo, relacionem a libertação de oxigénio e o consumo de dióxido de carbono com a fotossíntese e a libertação de dióxido de carbono e consumo de oxigénio com a respiração e atividades que mostrem também a produção de matéria orgânica durante a fotossíntese. Enquanto, no 3.^o ciclo, a inter-relação fotossíntese/respiração é estudada ao nível da organização biológica do ecossistema, no 2.^o ciclo esses processos seriam estudados ao nível do organismo. No 1.^o ciclo estes processos poderão estar presentes quando se estudam alguns dos fatores abióticos, continuando a abordagem a situar-se ao nível da organização biológica do organismo. No outro extremo, no ensino secundário, a abordagem de cada um dos conceitos (fotossíntese e respiração) deverá ser mais aprofundada do que no 3.^o ciclo, envolvendo as diferentes etapas das reações químicas de cada um dos processos e a inter-relação fotossíntese/respiração será, assim, explorada aos níveis molecular e celular de organização biológica.

Para se alcançar a coerência conceptual a nível curricular, é também importante ter presente que qualquer conceito pode ser estudado a diferentes níveis de alfabetismo científico (BSCS, 1995, 2009), como representado na Tabela 4. Tomando como exemplo os conceitos de fotossíntese e de respiração e situando-nos nos níveis de ensino mais distanciados, pode dizer-se que no 1.^o ciclo esses conceitos serão apenas abordados a um nível nominal, ou seja, o aluno está apenas consciente dos conceitos, mas ainda não construiu um significado adequado desses conceitos; e, no ensino secundário, o aluno poderá e deverá alcançar um nível multidimensional de alfabetismo científico no que se refere a esses conceitos, ou seja, o aluno tem um conhecimento abrangente, detalhado e inter-relacionado dos conceitos.

¹³ No 6.^o ano de escolaridade, por exemplo através da realização da atividade laboratorial com as folhas de sardinha, os alunos aprenderam que os organismos fotossintéticos produzem matéria orgânica, na presença de energia luminosa (DGEBS, 1991; MEC, 2013).

¹⁴ Campbell e Reece (2008), por exemplo, apresentam 10 níveis de organização biológica: biosfera; ecossistema; comunidade; população; organismo; órgão; tecido; célula; organelo; molécula. Nos exemplos apresentados na Tabela III, podem estar presentes outros níveis de organização biológica além dos indicados, como, no caso do ecossistema, estarem também incluídos a comunidade e a população.

Ter em consideração o nível de alfabetismo científico a que pode ser explorado um mesmo conceito e deixar explícito esse conceito, de forma a ficar claro o grau de abrangência e de conceptualização a que deve ser explorado, tem como vantagens pedagógicas, de enorme valor, garantir a desejada apreensão conceptual bem como a coerência curricular e, ainda, evitar repetições nos vários níveis de escolaridade.

Tabela 3 – Coerência curricular da temática inter-relação fotossíntese/respiração em vários níveis de escolaridade.

Nível de escolaridade	Explicitação dos conceitos	Exemplos de exploração	Níveis de organização biológica
↑ Ensino secundário	Fotossíntese: A energia luminosa é convertida em energia química que é armazenada em compostos orgânicos (inclui as reações fotoquímicas e o ciclo de Calvin).	Fotossíntese: relacionar a taxa fotossintética com a intensidade luminosa, mediada, por exemplo, pela temperatura e pela concentração de CO ₂ .	Celular Molecular
	Respiração celular: Através de vias catabólicas de respiração aeróbia e anaeróbia, as moléculas orgânicas são degradadas com produção de ATP (inclui a glicólise, o ciclo de Krebs e a fosforilação oxidativa).	Inter-relação fotossíntese/respiração: relacionar o ciclo de Calvin com o ciclo de Krebs.	
3.º ciclo	O fluxo de energia e o ciclo de matéria na biosfera são assegurados pela relação fotossíntese/respiração.	No estudo dos ecossistemas, relacionar o ciclo de matéria e de energia com a inter-relação fotossíntese/respiração.	Ecossistema
2.º ciclo	Fotossíntese: Em presença da luz, os seres vivos com clorofila consomem dióxido de carbono (CO ₂) e produzem e libertam oxigénio (O ₂) e, neste processo, fabricam matéria orgânica. Respiração: Os seres vivos utilizam oxigénio (O ₂) e matéria orgânica e libertam dióxido de carbono (CO ₂) e, neste processo, asseguram a sua sobrevivência.	No estudo da diversidade de plantas e animais, relacionar a libertação de O ₂ e o consumo de CO ₂ com a fotossíntese e o consumo de O ₂ e a libertação de CO ₂ com a respiração. A propósito das plantas, enquanto produtores, relacionar também o fabrico de matéria orgânica com a fotossíntese.	Organismo
↓ 1.º ciclo	Fotossíntese: As plantas precisam de água e luz para sobreviverem. Respiração: Os seres vivos precisam de oxigénio para sobreviver.	No estudo dos fatores ambientais, relacionar alguns fatores abióticos (água, sais minerais, luz, temperatura, oxigénio) com a preservação da vida das plantas e dos animais.	Organismo

Tabela 4 – Nível de alfabetismo científico em vários níveis de escolaridade.

Nível de escolaridade	Nível de alfabetismo científico (ex., conceitos de fotossíntese e de respiração)
↑ Ensino secundário	Multidimensional O aluno tem um conhecimento abrangente, detalhado e inter-relacionado do conceito.
3.º ciclo	Estrutural O aluno constrói um significado adequado do conceito.
2.º ciclo	Funcional O aluno é capaz de definir o conceito.
↓ 1.º ciclo	Nominal O aluno está consciente do conceito.

Adaptado de BSCS (1995, 2009)

A coerência curricular, quer vertical quer horizontal, que se defende na proposta de intervenção apresentada, não tem vindo a ser considerada nos currículos de ciências, devido a várias inconsistências que neles estão frequentemente presentes. Bybee (2003) destaca quatro críticas aos currículos de ciências:

1. Ausência de conteúdo desafiador: demasiada ênfase em factos e ausência de uma orientação conceptual dos currículos de ciências. Muitas vezes os currículos apresentam uma panóplia de tópicos, que até podem ser interessantes, mas que não enfatizam os conceitos e processos fundamentais.

2. Ausência de um foco instrucional: ausência de profundidade no tratamento dos conteúdos.

3. Tempo inadequado de aprendizagem: tempo reduzido e inadequado no caso de alguns conceitos e demasiado tempo no caso de outros.

4. Ausência de relações verticais e horizontais dos conteúdos: ausência de relações entre conhecimentos científicos e processos científicos nas dimensões horizontal e vertical do currículo.

De acordo com este autor, o efeito cumulativo destes aspetos dá origem a níveis mais baixos de aprendizagem dos alunos, nomeadamente nas avaliações externas nacionais e internacionais. Mas, mais importante, a ausência de coerência curricular diminui o nível de aprendizagem dos alunos, o que exige uma ação intencional dos professores para reverter essa situação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo como ponto de partida a defesa de um ensino coerente e conceptualmente exigente, para todos os alunos e aos vários níveis de escolaridade, pretendeu-se com o presente artigo fornecer elementos que possam servir de base a uma discussão e reflexão fundamentadas sobre questões de organização e desenvolvimento curriculares. Assim, ao incluir uma proposta de intervenção pedagógica fundamentada em argumentos teóricos e empíricos que sustentam essa ideia, o artigo pretende ilustrar a articulação e a coerência conceptual que poderá e deverá existir quando se projeta uma (re)organização curricular.

Como sugerem resultados de estudos do Grupo ESSA, centrados no nível de exigência conceptual de diferentes textos curriculares a vários níveis do sistema educativo – programas (ex., Afonso *et al.*, 2013; Ferreira & Morais, 2014; Silva, Morais & Neves, 2013a), manuais escolares (ex., Calado & Neves, 2012; Castro, 2017) e práticas pedagógicas (ex., Alves & Morais, 2013; Ferreira & Morais, 2017, 2018; Silva, Morais & Neves, 2013b) – existe, em geral, um nível de conceptualização dos conhecimentos científicos e das capacidades cognitivas relativamente baixo e esse nível tende a diminuir quando se passa dos programas para os manuais e, posteriormente, para as práticas dos professores. A mesma tendência é observada quando se toma como foco de análise a relação que se estabelece entre os conhecimentos de uma mesma disciplina (relação intradisciplinar).

Partindo destes resultados e tendo presente fundamentação teórica relacionada com a natureza do conhecimento científico, tem-se defendido um nível elevado de exigência conceptual como uma forma de

facilitar o acesso de todos os alunos à estrutura do conhecimento científico. Defende-se, assim, que: (a) a aquisição de conceitos simples e complexos e mesmo de teorias e temas unificadores, e não apenas de factos, é essencial a uma educação científica de nível elevado; (b) a mobilização de capacidades de nível elevado, como a análise e a síntese, e não apenas a memorização e a compreensão de ideias simples, é igualmente essencial a uma educação científica de nível elevado; (c) uma relação, frequente e profunda, entre conhecimentos científicos simples e complexos, sobre o mesmo tema ou sobre temas diferentes, é crucial para a aquisição de conceitos mais amplos e profundos e, em particular, de temas unificadores e de teorias.

É, contudo, importante salientar que não se deve promover um ensino das ciências apenas caracterizado por elevados níveis de exigência conceptual. Não se defende, assim, que sejam apenas valorizados conhecimentos científicos, capacidades cognitivas ou relações entre conhecimentos de complexidade elevada, mas sim que haja um equilíbrio entre conhecimentos científicos, capacidades cognitivas ou relações entre conhecimentos simples e complexos, concretos e abstratos. Tal como referem Morais e Neves (2012), é necessário existir um equilíbrio entre conhecimentos simples e complexos porque a compreensão de conhecimento complexo pressupõe a aquisição de conhecimento simples.

Um outro aspeto a salientar a partir dos resultados dos estudos referidos é o facto de eles estarem em consonância com muitas das críticas apontadas aos currículos internacionais (ex., Bybee & Scotter, 2007; Young, 2009). Com efeito, os resultados sugerem que, frequentemente, os currículos portugueses não apresentam um conteúdo desafiador, dando ênfase a factos e descurando os conceitos, que os conteúdos são tratados de forma superficial e que não são fomentadas as relações verticais e horizontais dos conhecimentos e dos processos científicos. Considera-se que esta situação pode prejudicar fortemente os processos de ensino e de aprendizagem e comprometer a qualidade do sucesso das aprendizagens. E tal situação é particularmente grave para os alunos pertencentes a grupos sociais desfavorecidos pois são eles que muito dificilmente terão possibilidades de colmatar fora da escola, as deficiências do baixo nível de conceptualização que lhes está a ser oficialmente oferecido.

A proposta de intervenção pedagógica apresentada pode ilustrar um caminho possível no sentido da concretização de uma educação científica de nível elevado. A relação intradisciplinar que nela está presente, conjuntamente com a exploração de conhecimentos e de capacidades de nível complexo, permitem elevar o nível de exigência conceptual da aprendizagem científica e, desta forma, promover um ensino que tenha em conta a estrutura hierárquica que caracteriza o conhecimento científico. Embora centrada na inter-relação fotossíntese-respiração, a proposta sugerida pode ser desenvolvida na exploração de outros conceitos da área das ciências da natureza como é o caso, por exemplo, do conceito de regulação homeostática.

Importa, em face dos resultados encontrados pela investigação realizada pelo Grupo ESSA, refletir sobre possíveis razões do baixo nível de exigência conceptual observado a nível curricular e sugerir formas de as ultrapassar. Podem apontar-se algumas explicações plausíveis sobre o facto de se assistir a um baixo nível de exigência conceptual na educação científica. O discurso pedagógico oficial, contido nos currículos/programas, pode estar formulado (o que frequentemente acontece) de modo demasiado abrangente e vago, tornando a sua aplicabilidade sujeita a grandes recontextualizações e desvios dos princípios a ele inerentes. É importante que os currículos/programas deixem bem explícitos os principais conhecimentos e capacidades cognitivas a desenvolver e as relações entre conhecimentos a estabelecer, de modo a que todos os seus utilizadores saibam a que profundidade devem ser explorados e a que nível os alunos os devem dominar, em cada um dos ciclos do ensino básico e também do ensino secundário. Por outro lado, parece que a própria valorização da exigência conceptual não é feita nos documentos oficiais, pelo menos de forma explícita, o que pode levar a que os professores, por sua vez, também não a valorizem nas suas práticas.

Superar este problema, de forma a conduzir a uma melhoria da educação científica de todos os alunos, pode passar pela alteração de algumas políticas educativas. Entre elas, destacam-se as seguintes:

- Visão global e integrada do ensino básico das ciências. “*É necessário integrar as mensagens dos documentos (como os programas e as orientações curriculares), os contextos (escola, sala de aula, espaços exteriores à escola), os materiais (de apoio científico e pedagógico para professores e alunos) e os agentes educativos (professores, alunos, pais, comunidade em geral)*” (Afonso et al., 2013, p. 82).

- Valorização da exigência conceptual, como dimensão de uma educação científica com significado. A promoção de níveis elevados de exigência conceptual é essencial em qualquer nível de ensino.

- Produção de materiais de apoio, para professores e para alunos, de elevada qualidade conceptual e processual. Tais materiais facilitariam a promoção de níveis elevados de exigência conceptual.

- Coerência curricular horizontal e vertical. Coerência quer na aprendizagem dos conhecimentos científicos quer no desenvolvimento dos processos investigativos com níveis de complexidade e abrangência crescentes.

- Melhoria dos currículos. Esta melhoria deve passar por uma valorização das capacidades cognitivas de nível elevado e por uma maior orientação conceptual, relacionada com um tratamento mais aprofundado dos conhecimentos, e uma maior inter-relação entre esses conhecimentos.

- Investimento na formação de professores. Implementar práticas pedagógicas de elevados níveis de exigência conceptual exige professores pedagógica e cientificamente bem preparados e que, ideologicamente, defendam a exigência conceptual como um caminho para a melhoria da literacia científica de todos os alunos.

Em síntese, pode dizer-se que se a escola tem a responsabilidade social de formar e educar todos os alunos, então deve permitir que todos tenham acesso a currículos de nível elevado, para que sucesso e elevada literacia científica sejam, também, igualmente acessíveis.

Neste sentido, questiona-se a eficácia da alteração do currículo dos ensinós básico e secundário, que está a ser atualmente implementada em Portugal no âmbito do projeto de autonomia e flexibilidade curricular (Decreto-Lei n.º 55/2018, de 6 de julho), para a promoção de um ensino conceptualmente exigente para todos os alunos. Esta mudança levanta questões de política educativa relacionadas, por exemplo, com o grau de autonomia dado pelo Ministério da Educação aos professores/escolas. O maior grau de autonomia dado aos professores/escolas pode, ao contrário do que é preconizado na legislação, reforçar as desigualdades de acesso e de sucesso dos alunos, como consequência da implementação de processos de ensino e de aprendizagem com diferentes níveis de exigência conceptual que se julguem, erradamente, ajustados a essas desigualdades. Saber se efetivamente os formadores e, particularmente, os decisores do discurso pedagógico oficial querem de facto (questão ideológica) uma mudança nos currículos e, conseqüentemente, na formação científica dos alunos, constitui uma das questões centrais no âmbito do desenvolvimento curricular.

REFERÊNCIAS

ACC (2006). *Methylene Blue, Part 2: The Chemist's Indicator*. American Chemistry Council. Recuperado de <http://chlorine.americanchemistry.com/Science-Center/Chlorine-Compound-of-the-Month-Library/Methylene-Blue-Part-2-The-Chemists-Indicator>

Afonso, M., Alveirinho, D., Tomás, H., Calado, S., Ferreira, S., Silva, P., & Alves, V. (2013). *Que ciência se aprende na escola?* Lisboa, Portugal: Fundação Francisco Manuel dos Santos.

Alves, V., & Morais, A. M. (2013). Currículo e práticas pedagógicas. Uma análise sociológica de textos e contextos da educação em ciências. *Revista Portuguesa de Educação*, 26(1), 219-251.

Amir, R., & Tamir, P. (1994). In-depth analysis of misconceptions as a basis for developing research-based remedial instruction: The case of photosynthesis. *The American Biology Teacher*, 56(2), 94-100.

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.

Bell, L. R., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction: Assessing the inquiry level of classroom activities. *The Science Teacher*, 72(7), 30-33.

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). New York: Rowman & Littlefield.
- Brandwein, P., Cooper, E., Blackwood, P., Cottom-Winslow, M., Boesch, J., Giddings, M., Romero, F., & Carin, A. (1980). *Concepts in science – Teacher's edition*. New York: Harcourt Brace Jovanovich.
- Brandwein, P., Watson, F., & Blackwood, P. (1958). *Teaching high school science: A book of methods*. New York: Harcourt Brace Jovanovich.
- Bruner, J. (1963). *The process of education*. New York: Vintage Books.
- BSCS (Biological Sciences Curriculum Studies) (1995). *Developing biological literacy*. Dubuque, Iowa: Kendall.
- BSCS (Biological Sciences Curriculum Studies) (2009). *The Biology teacher's handbook* (4.^a ed.). Arlington, VA: NSTA Press.
- Bybee, R. W. (2003). The teaching of science: Content, coherence, and congruence. *Journal of Science Education and Technology*, 12(4), 343-357.
- Bybee, R., & Scotter, P. (2007). Reinventing the science curriculum. *Educational Leadership*, 64(4), 43-47.
- Calado, S., & Neves, I. P. (2012). Currículo e manuais escolares em contexto de flexibilidade curricular - Estudo de processos de recontextualização. *Revista Portuguesa de Educação*, 25(1), 53-93.
- Calado, S., Neves, I. P., & Morais, A. M. (2013). Conceptual demand of science curricula: A study at the middle school level. *Pedagogies: An International Journal*, 8(3), 255-277.
<https://doi.org/10.1080/1554480X.2013.795698>
- 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.
- Castro, S. (2017). *A construção da ciência na educação científica do ensino secundário: Estudo do discurso pedagógico do programa e de manuais escolares de Biologia e Geologia do 10.º ano e das concepções dos professores*. (Tese de doutorado). Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.
- CIBT (2008). *Photosynthesis and respiration in Elodea*. Cornell Institute for Biology Teachers. Recuperado de <http://cpb-us-e1.wpmucdn.com/blogs.cornell.edu/dist/3/1009/files/2015/05/Elodea-CIBT.pdf>
- DEB (Departamento de Educação Básica) (2002). *Orientações curriculares para o 3.º ciclo do ensino básico - Ciências Físicas e Naturais*. Lisboa: Ministério da Educação. Recuperado de http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ficheiros/eb_cfn_orient_curriculares_3c_0.pdf
- DGEBS (Direção Geral dos Ensinos Básico e Secundário) (1991). *Programa Ciências da Natureza: Plano de organização do ensino-aprendizagem* (volume II). Lisboa: Ministério da Educação. Recuperado de https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ficheiros/eb_cn_programa_cn_2c_ii.pdf
- Domingos, A. M. (atualmente Morais) (1989). Influence of the social context of the school on the teacher's pedagogic practice. *British Journal of Sociology of Education*, 10(3), 351-366.
- Domingos (atualmente Morais), A. M., Neves, I. P., & Galhardo, L. (1983). *Ciências do Ambiente: Livro do professor*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Duschl, R., Schweingruber, H., & Shouse, A. (Eds.) (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grade K-8*. Washington: National Academies Press.
- Dzoma, G. (2015). *Experiment: Is energy released by germination seeds?* Recuperado de <http://www.revision.co.zw/experiment-is-energy-released-by-germinating-seeds/#>

- Eilks, I., & Hofstein, A. (2017). Curriculum Development in Science Education. In K. Taber & B. Apkan (Eds.), *Science Education* (pp. 169-181). Netherlands: SensePublishers-Rotterdam.
- Ferreira, S., & Morais, A. M. (2014). Conceptual demand of practical work in science curricula: A methodological approach. *Research in Science Education*, 44(1), 53-80. <https://doi.org/10.1007/s11165-013-9377-7>
- Ferreira, S., & Morais, A. (2017). Exigência conceptual do trabalho prático: abordagem multidisciplinar de análise do discurso pedagógico na aula de ciências. *Práxis educativa*, 12(1), 25-47. Recuperado de <http://www.revistas2.uepg.br/index.php/praxiseducativa>
- Ferreira, S., & Morais, A. (2018). Practical work in science education: Study of different contexts of pedagogic practice. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9743-6>
- Gall, M., Gall, J., & Borg, W. (2007). *Educational research: An introduction* (8a. ed.). Boston: Pearson/Allyn and Bacon.
- Geake, J. (2009). *The brain at school: Educational neuroscience in the classroom*. Berkshire, UK: Open University Press.
- Griffard, P., & Wandersee, J. (2001). The two-tier instrument on photosynthesis: What does it diagnose? *International Journal of Science Education*, 23(10), 1039-1052. <https://doi.org/10.1080/09500690110038549>
- Hickman, C. P., Roberts, L. S., & Larson, A. (2002). *Animal diversity* (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.
- Laudan, L. (1984). *Science and values: The aims of science and their role in scientific debate*. London: University of California Press.
- Marzano, R. J., & Kendall, J. S. (2007). *The new taxonomy of educational objectives* (2a. ed.). Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- MEC (Ministério da Educação e Ciência) (2013). *Metas Curriculares – Ensino Básico – Ciências Naturais – 5.º, 6.º, 7.º e 8.º anos*. Lisboa: Autor. Recuperado de http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ficheiros/eb_cn_metas_curriculares_5_6_7_8_ano_0.pdf
- MEC (Ministério da Educação e Ciência). (2014). *Metas Curriculares – Ensino Básico – Ciências Naturais – 9.º ano*. Lisboa: Autor. Recuperado de http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ficheiros/metas_curriculares_ciencias_naturais_9_ano_0.pdf
- Melillán, M. C., Cañal, P., & Vega, M. R. (2006). Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: Una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición de las plantas. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(3), 401-410.
- Millar, R., & Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. London: King's College London School of Education.
- Millar, R., Tiberghien, A., & Maréchal, J. (2002). Varieties of labwork: A way of profiling labwork tasks. In D. Psillos & H. Niedderer (Eds.), *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 9-20). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Morais, A. M., & Neves, I. P. (2007). Fazer investigação usando uma abordagem metodológica mista. *Revista Portuguesa de Educação*, 20(2), 75-104.
- Morais, A. M., & Neves, I. P. (2012). Estruturas de conhecimento e exigência conceptual na educação em ciências. *Revista Educação, Sociedade & Culturas*, 37, 63-88.
- Morais, A. M., Neves, I. P., Ferreira, S., Alves, V., Calado, S., & Silva, P. (2014). *Currículos, manuais escolares e práticas pedagógicas: Estudo de processos de estabilidade e mudança no sistema educativo*. Lisboa: Edições Sílabo.

- Pella, M., & Voelker, A. (1968). Teaching the concepts of physical and chemical change to elementary school children. *Journal of Research in Science Teaching*, 5(4), 311-323.
- Popper, K. (1959). *The logic of scientific discovery*. London: Hutchinson.
- Silva, P., Morais, A. M., & Neves, I. P. (2013a). O currículo de ciências no 1º Ciclo do Ensino Básico. Estudo de (des)continuidades na mensagem pedagógica. *Revista Portuguesa de Educação*, 26(1), 179-217.
- Silva, P., Morais, A. M., & Neves, I. P. (2013b). Materiais curriculares, práticas e aprendizagens. Estudo no contexto das ciências do 1º Ciclo do Ensino Básico. *Revista Práxis Educativa*, 8(1), 133-171.
- Veerendra (2017). *Selina ICSE Solutions for Class 9 Biology – Respiration in plants*. Recuperado de <https://www.aplustopper.com/selina-icse-solutions-class-9-biology-respiration-plants/>
- 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.
- Young, M. (2009). Education, globalization and the 'voice of knowledge'. *Journal of Education and Work*, 22(3), 193-204.

Recebido em: 21.02.2019

Aceito em: 21.03.2020