

GRELHA DE ANÁLISE DO PAPEL DAS ATIVIDADES LABORATORIAIS DOS MANUAIS ESCOLARES DE CIÊNCIAS NA APRENDIZAGEM ARTICULADA DE PROCESSOS CIENTÍFICOS E ESTRATÉGIAS METACOGNITIVAS

*A GRID FOR ANALYSING THE ROLE OF LABORATORY ACTIVITIES IN SCIENCE
TEXTBOOKS IN THE ARTICULATED LEARNING OF SCIENTIFIC PROCESSES
AND METACOGNITIVE STRATEGIES*

José Luís, COELHO DA SILVA¹
Maria Armanda, CARVALHO²

Resumo

A perpetuação dos manuais escolares por sistemas educativos sucessivos e a relevância por eles assumida no ensino e aprendizagem justificam que sejam tomados recorrentemente e, em particular, após reformas educativas como objeto de avaliação e investigação. Importa acentuar um ensino das Ciências que não se limite ao conhecimento substantivo mas que valorize outras dimensões, nomeadamente, a aprendizagem de processos científicos e de estratégias metacognitivas. Estes pressupostos sustentam a construção de uma grelha que oriente a análise, tanto no contexto pedagógico como investigativo, da operacionalização dos processos científicos e de estratégias metacognitivas em atividades laboratoriais de manuais escolares e que se constitua como um referencial na conceção deste tipo de atividades por professores e autores de manuais escolares. A inclusão numa mesma grelha de processos científicos e estratégias metacognitivas justifica-se pelo contributo significativo das estratégias metacognitivas na aprendizagem e, conseqüentemente, na aprendizagem dos processos científicos. A grelha especifica várias vertentes dos processos científicos e das estratégias metacognitivas que, em conjunto, concorrem para a compreensão da sua natureza e para o desenvolvimento da capacidade de execução. Integra vários modos de operacionalização, concebidos em função da natureza do enfoque que podem assumir e do pressuposto das

¹ Universidade do Minho, Instituto de Educação, Centro de Investigação em Educação (CIEEd), Portugal. zeluis@ie.uminho.pt

² Agrupamento de Escolas D. Sancho I, Vila Nova de Famalicão, Portugal. marmandac@hotmail.com

atividades laboratoriais como um meio promotor do desenvolvimento da autonomia dos alunos. A aplicação da grelha implica uma análise qualitativa mas também permite uma análise quantitativa do modo de operacionalização dos processos científicos e das estratégias metacognitivas e, conseqüentemente, a caracterização, acompanhada ou não do estabelecimento de tendências e regularidades, das atividades laboratoriais incluídas em manuais escolares.

Palavras-chave: Manuais escolares; Atividades Laboratoriais; Processos científicos; Estratégias metacognitivas.

Abstract

The perpetuation of textbooks by successive educational systems and the relevance they attribute to them in the teaching and learning, justify, in particular, after educational reforms their recurrent consideration as an object of evaluation and research. It is important to emphasize a science teaching that is not limited to substantive knowledge but which also values other dimensions, namely learning scientific processes and metacognitive strategies. These assumptions support the construction of a grid that guides the analysis, both in the pedagogical and in the investigative context, of the operationalization of scientific processes and metacognitive strategies in laboratory activities of textbooks and that constitutes a reference in the conception of this type of activities by teachers and authors of textbooks. The inclusion in the grid of scientific processes and metacognitive strategies is justified by the significant contribution of metacognitive strategies in learning and, consequently, in the learning of scientific processes. The grid specifies several aspects of scientific processes and metacognitive strategies that together contribute to the understanding of their nature and to the development of performing ability. It integrates several modes of operationalization, conceived in function of the emphasis they can take and of the presupposition of the laboratory activities, as a facilitator medium of the development of students' autonomy. The application of the grid implies a qualitative analysis as well as a quantitative analysis of the operationalization modes of the scientific processes and metacognitive strategies. Consequently, it allows a characterisation of the laboratory activities included in textbooks, and where tendencies and regularities may or may not be established.

Key words: Textbooks; Laboratory activities; Scientific processes; Metacognitive strategies.

Introdução

A perpetuação dos manuais escolares por sistemas educativos sucessivos e a relevância por eles assumida nos processos de ensino e de aprendizagem justificam que sejam tomados recorrentemente e, em particular, após reformas educativas como objeto de avaliação e de investigação. Este pressuposto, articulado com a importância em acentuar um ensino das Ciências que não se limite ao conhecimento substantivo mas que também valorize outras dimensões, nomeadamente, a integração dos processos científicos e de estratégias metacognitivas como conteúdos educacionais,

objeto de abordagem explícita e intencional, sustenta a construção de uma grelha que oriente a análise, tanto no contexto pedagógico como investigativo, da operacionalização dos processos científicos e de estratégias metacognitivas em atividades laboratoriais integradas nos manuais escolares e que se constitua como uma referência na conceção de atividades laboratoriais por professores e por autores de manuais escolares. A aprendizagem de processos científicos e de estratégias metacognitivas não é compatível com percursos educativos assentes na transmissão e receção acrítica de saberes, mas implica que sejam mobilizados e praticados reflexivamente em situações concretas (PEREIRA, 2002). A inclusão numa mesma grelha de processos científicos e de estratégias metacognitivas justifica-se pelo contributo significativo destas estratégias na globalidade da aprendizagem e, conseqüentemente, na aprendizagem dos processos científicos.

Aporte teórico

A diversidade de procedimentos relevantes na educação em Ciências dificulta a sua classificação, podendo, no entanto, ser agrupados, por exemplo, em função do carácter específico ou transversal a determinadas áreas disciplinares. É neste sentido que Pujol (2007) classifica os procedimentos em específicos das Ciências e em gerais. Os procedimentos específicos das Ciências são aqueles que são equivalentes aos usados pela comunidade científica na construção do conhecimento científico. São classificados em processos científicos, correspondendo aqueles que conferem uma especificidade própria à investigação científica, e em técnicas científicas, compreendendo aqueles que implicam a utilização de materiais e instrumentos na observação e recolha de dados. É neste sentido que se aproxima a seguinte conceptualização de processos científicos, assumida, também, por Pereira (2002) e Afonso (2008):

Podemos definir processos científicos como sendo as formas de pensamento e procedimentos práticos que pomos em ação na tentativa de compreensão e conhecimento das situações do mundo físico-natural que nos rodeia. Nas situações referidas compreendem-se objetos físicos, seres vivos e fenómenos (SÁ, 2002, p. 56).

Os processos científicos em contexto escolar não podem ser confundidos com os processos científicos mobilizados pelos cientistas, reforçando-se assim a

perspetiva defendida por Pro Bueno (2000), do mesmo modo que é necessário distinguir a Ciência Escolar da Ciência dos Cientistas (PRO BUENO, 2011).

Os procedimentos gerais são comuns a várias áreas do saber mas assumem um papel fulcral na aprendizagem das Ciências (PUJOL, 2007; SANMARTÍ, 2009). Incluem-se neste grupo, por exemplo, as estratégias metacognitivas que se relacionam com a apropriação dos objetivos e da natureza de uma atividade de aprendizagem, a regulação da consecução de uma atividade de aprendizagem e a planificação de estratégias para ultrapassar dificuldades sentidas. É por esta via que se desenvolve o conhecimento reflexivo sobre elementos centrais da aprendizagem (a pessoa, as tarefas, as estratégias) e a supervisão metacognitiva do processo de aprendizagem, consubstanciando-se no desenvolvimento da competência de aprender a aprender (MARTÍN & MORENO, 2009). A operacionalização de estratégias metacognitivas, conferindo aos alunos um papel pró-ativo, enquadra-se numa conceção de autonomia do aluno que realça aspetos gerais da autonomia e a visão de educação que comporta:

competência para se desenvolver como participante autodeterminado, socialmente responsável e criticamente consciente em (e para além de) ambientes educativos, por referência a uma visão da educação como espaço de emancipação (inter)pessoal e transformação social (JIMÉNEZ RAYA, LAMB & VIEIRA, 2007, p. 2).

Salienta-se, ainda, nesta conceção, a autodireção que valoriza a iniciativa e a tomada de decisões pelos alunos na definição e estruturação dos processos de aprendizagem.

Face ao exposto, o trabalho laboratorial na educação em Ciências não é concebido na operacionalização de atividades isoladas, encerradas na observação e experiência, mas antes como parte de uma atividade mais lata em que a aprendizagem resulta da conjugação articulada de tarefas de natureza diversificadas. Associadas à observação e à experiência estarão tarefas como, por exemplo, a pesquisa bibliográfica, a comunicação de informação, a reflexão sobre o processo de aprendizagem. O trabalho laboratorial pode ser desenvolvido num contexto educativo propiciador da autonomia do aluno, envolvendo a iniciativa e tomada de decisões, a interdependência e cooperação, a reflexão, a negociação de ideias e a negociação de decisões.

Encaminhamento metodológico

A grelha de análise de atividades laboratoriais aqui apresentada foi construída com base na análise de tipologias e/ou pressupostos de operacionalização educativa dos designados processos científicos (SÁ, 2002; PEREIRA, 2002; PUJOL, 2007, AFONSO, 2008) e dos designados conteúdos procedimentais (PRO BUENO, 1998 e 2000; GARCÍA BARROS & MARTÍNEZ LOSADA, 2003; MARTÍNEZ LOSADA & GARCÍA BARROS, 2003), de tipologias de conteúdos procedimentais – Kirschener, Mester, Middelbeek e Hermans (1993), Lawson (1994), Lock (1992), AAAS (1970), Tamir e Garcia (1992) – revistas por Pro Bueno (1998), de pressupostos e propostas de conceção das atividades laboratoriais tomando a pedagogia para a autonomia como referencial educativo (COELHO DA SILVA, 2009), da integração da metacognição na aprendizagem e, em particular, na aprendizagem das Ciências (PUJOL, 2007; SANMARTÍ, 2009), de guiões orientadores da transformação de atividades práticas usualmente designadas como tradicionais em atividades do tipo investigação e/ou exemplos deste tipo de atividades (CAAMAÑO, 2002 e 2003; CAAMAÑO & COROMINAS, 2004; LUNA, 2011), de princípios, tipologias e/ou guiões de análise de atividades laboratoriais (COELHO DA SILVA & LEITE, 1997; SANMARTÍ, 2009), de atividades laboratoriais propostas em livros de apoio didático concebidos para apoiar a formação de professores no 1.º ciclo do ensino Básico (ex.: MARTINS et al., 2007, 2008, 2010) e de atividades laboratoriais presentes em manuais escolares de vários anos de escolaridade. A explicitação do modo de operacionalização dos processos científicos nas atividades laboratoriais é acompanhada com exemplos provenientes de manuais escolares portugueses de Estudo do Meio do 4.º ano (EM4) e de Ciências Naturais do 8.º ano (CN8), 9.º ano (CN9), 5.º ano (CN5), 6.º ano (CN6), editados pela primeira vez, respetivamente, em 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, estando, assim, em vigor pelo período de seis anos letivos (PORTUGAL, 2006). Foram consultados 32 manuais e selecionados apenas alguns exemplos a partir de 16 manuais, dadas as limitações de espaço decorrentes das normas para o presente artigo. Selecionaram-se exemplos que se mostram mais significativos e espelham uma certa diversidade. A dificuldade em encontrar exemplos da operacionalização intencional e explícita de estratégias metacognitivas nas dimensões consideradas obrigou a optar pela indicação de atividades implementadas em estudos de caso.

Grelha de análise: descrição e exemplificação com evidências em manuais escolares

A grelha de análise do potencial das atividades laboratoriais no desenvolvimento da aprendizagem dos processos científicos e estratégias metacognitivas está globalmente representada no Quadro 1, evidenciando a estrutura em dimensões e subdimensões. Está organizada em catorze dimensões que correspondem aos doze processos científicos – *Problematização, Hipótese e Previsão, Observação, Operacionalização de Variáveis, Medição, Classificação, Sieriação, Pesquisa de Informação, Análise, Comunicação e Investigação* –, selecionados e perspetivados no âmbito da Ciência Escolar, e às duas estratégias metacognitivas – *Compreensão do Papel Educativo da Atividade Laboratorial e Regulação da Operacionalização de Processo Científicos* –, determinadas pela especificidade do contexto em que se aplicam e pelo contributo primário na aprendizagem dos processos científicos. Esta divisão não significa que estes processos e estas estratégias sejam independentes e que a sua aprendizagem se processe de forma isolada, sendo, então, efetuada apenas com fins meramente investigativos, tornando possível o estabelecimento de tendências e regularidades na análise de manuais escolares. É, ainda, de assinalar, reafirmando o pressuposto apontado por Pro Bueno (1998, 2000), que a aprendizagem dos processos científicos e, também, das estratégias metacognitivas não está exclusivamente dependente da exploração de atividades laboratoriais, podendo ser desenvolvida através de outro tipo de atividades de aprendizagem. No presente artigo, a ênfase recai intencionalmente na exploração de processos científicos e de estratégias metacognitivas através das atividades laboratoriais pela relevância que estas assumem na educação em Ciências. As dimensões estão divididas em subdimensões que refletem diferentes vertentes dos processos científicos e das estratégias metacognitivas e que, em conjunto, concorrem para o desenvolvimento da compreensão da sua natureza e da capacidade de execução. As subdimensões são expressas através de diferentes modos de operacionalização dos processos científicos e das estratégias metacognitivas que correspondem a diferentes instruções/diretrizes incluídas nas atividades laboratoriais. Esta diferenciação está determinada pela natureza do enfoque de operacionalização dos respetivos processos e estratégias e do grau de orientação fornecido para a sua concretização, isto é, do grau de responsabilidade atribuído ao aluno na tomada de decisão acerca do modo de concretização.

Quadro 1: Estrutura global da grelha de análise de processos científicos e de estratégias metacognitivas passíveis de desenvolvimento através de atividades laboratoriais

	Dimensões	Subdimensões
Processos Científicos	Problematização	Formulação de Problemas
		Avaliação de Problemas
		Natureza dos Problemas
	Hipótese e Previsão	Formulação de Hipóteses
		Elaboração de Previsões
	Observação	Focalização da Observação
		Processo de Observação
		Natureza da Observação
		Registo da Observação
		Período de Observação
	Operacionalização de Variáveis	Identificação de Variáveis
		Definição de Variáveis
	Medição	Realização de Medições
		Aplicação de Medições
Classificação	Mobilização de Critérios de Classificação	
	Tipos de Classificação	
Seriação	Mobilização de Critérios de Seriação	
	Tipos de Seriação	
Pesquisa de Informação	Natureza da Pesquisa	
Análise	Interpretação dos Dados	
Comunicação	Registo da Atividade Laboratorial Realizada	
	Disseminação da Atividade Laboratorial Realizada	
Investigação	Planificação de Atividades Laboratoriais	
	Avaliação da Planificação das Atividades Laboratoriais	
	Estruturação da Implementação das Atividades Laboratoriais Planificadas	
Estratégias Meta-cognitivas	Compreensão do Papel Educativo da Atividade Laboratorial	Reflexão sobre os Objetivos de Aprendizagem
		Reflexão sobre as Tarefas da Atividade Laboratorial
	Regulação da Operacionalização de Processos Científicos	Reflexão sobre a Tomada de Decisões
		Reflexão sobre as Dificuldades Experienciadas

Fonte: Os autores

Explicitam-se, em seguida, os modos de operacionalização para cada um dos processos científicos (Quadros 2 a 11) e das estratégias metacognitivas (Quadros 12 e 13), acompanhados de exemplos ilustrativos da sua expressão nas atividades laboratoriais de diversos manuais escolares. Inicia-se esta explicitação pelo modo de operacionalização das três subdimensões que integram a dimensão correspondente ao processo científico *Problematização* (Quadro 2).

A *Problematização* é um processo científico que deverá ocupar um espaço significativo e relevante na educação em Ciências pelo papel fulcral que lhe é conferido na génese do conhecimento científico:

O espírito científico proíbe que tenhamos uma opinião sobre questões que não compreendemos, sobre questões que não sabemos formular com clareza. Em primeiro lugar, é preciso saber formular problemas. E, digam o que disserem, na vida científica os problemas não se formulam de modo espontâneo. É justamente esse *sentido do problema* que caracteriza o verdadeiro espírito científico. Para o espírito científico, todo o conhecimento é uma resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído (BACHELARD, 2006³, pp. 20-21).

Quadro 2: Modo de operacionalização da dimensão *Problematização*

Sudimensão	Operacionalização	
Formulação de Problemas	É solicitada a formulação de questões a partir da(s)	observação de objetos e/ou fenómenos
		descrição de objetos e/ou fenómenos
		interpretação de um problema
		conclusões de uma atividade laboratorial
	É solicitada a formulação da questão que está na origem da atividade laboratorial a partir da interpretação da própria atividade	
Avaliação de Problemas	É solicitada a distinção entre questões investigáveis e questões não investigáveis	
	É solicitada a transformação de questões não investigáveis em questões investigáveis	
Natureza dos Problemas	É solicitada a formulação de problemas teóricos	
	É solicitada a formulação de problemas práticos	

Fonte: Os autores

A *Formulação de Problemas* pode processar-se a partir de contextos de natureza diversificada: observação ou descrição de objetos e/ou fenómenos, interpretação de um problema, interpretação das conclusões resultantes da consecução de uma atividade laboratorial e interpretação de uma atividade laboratorial. Estes contextos são igualmente relevantes no desenvolvimento da capacidade de problematização pelo que a formulação de problemas não deverá estar centrada apenas num deles mas deverá abarcar a exploração de todos e em diferentes momentos. O modo de operacionalização – *Formulação de questões a partir das conclusões de uma atividade laboratorial* – assume uma importância particular por poder contribuir para a construção da visão da Ciência como um conhecimento inacabado e, conseqüentemente, para a superação da visão da Ciência como um conhecimento finalizado. Esta última visão é, por vezes, induzida pelas atividades laboratoriais quando estão orientadas para a compreensão de um fenómeno numa única dimensão e não pressupõem a continuidade da sua análise a partir de outras dimensões passíveis de emergir na sequência das conclusões enunciadas. A *Formulação de Problemas* tende para uma ocorrência diminuta nas

³ Edição original: 1938.

atividades laboratoriais dos manuais escolares, tendo-se encontrado apenas algumas propostas orientadas para o seu desenvolvimento que tomam como ponto de partida a interpretação da própria atividade laboratorial:

Escreve uma questão-problema para esta atividade (MOTTA et al., 2016, p. 122 – CN5, observação microscópica de seres vivos numa infusão)

Formula uma questão-problema (MOTTA et al., 2017, p. 84 – CN6, dissecação do coração)

A *Avaliação de Problemas* articula-se com a *Formulação de Problemas* dado que esta última implica a anterior na compreensão do que pode ou não ser objeto de investigação. É passível de concretização através de dois modos que se distinguem pelo aumento do grau de complexidade do primeiro para o segundo. O primeiro modo de operacionalização consiste na distinção entre questões passíveis de serem objeto de investigação e questões que não são possíveis de investigar. O segundo modo de operacionalização é mais complexo por implicar uma operação de transformação de questões não investigáveis em questões investigáveis. Estes dois modos de operacionalização são educacionalmente relevantes, constituindo o primeiro um pré-requisito para o desenvolvimento do segundo pelo que a concretização educativa da subdimensão *Avaliação de Problemas* deverá integrar as duas possibilidades, iniciando-se pela implementação de tarefas focalizadas na distinção entre questões investigáveis e não investigáveis e só, posteriormente, incluir tarefas de transformação de questões não investigáveis em questões investigáveis.

A *Natureza dos Problemas* admite a formulação de dois tipos de problemas: teóricos ou práticos. São *teóricos* quando incidem na determinação de propriedades ou de relações entre variáveis no âmbito de uma determinada teoria e *práticos* quando se focalizam na resolução de situações definidas no contexto do quotidiano, sendo estes últimos aqueles que mais facilmente se enquadram numa abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CAAMAÑO, 2003).

O Quadro 3 mostra o modo de operacionalização de cada uma das subdimensões que constituem a dimensão correspondente aos processos científicos *Hipótese e Previsão*.

A *Formulação de Hipóteses* compreende a elaboração de respostas com um carácter provisório aos problemas que se pretende investigar. Esta subdimensão relaciona-se com a seguinte porque uma hipótese, para além de permitir a explicação

dos factos conhecidos (dados) sobre um determinado problema, deverá conduzir à previsão de factos novos (AFONSO, 2008).

Quadro 3: Modo de operacionalização da dimensão *Hipótese e Previsão*

Subdimensão	Operacionalização
Formulação de Hipóteses	É solicitada a formulação de respostas provisórias a problemas investigáveis
Elaboração de Previsões	É solicitada a explicitação do que vai acontecer sem a exigência de nenhuma justificação
	É solicitada a explicitação do que vai acontecer e de razões que sustentem a previsão realizada

Fonte: Os autores

A *Elaboração de Previsões* consiste na explicitação dos acontecimentos que se pensa que serão observados na ocorrência de um dado fenómeno e sob determinadas condições. Poderá envolver a ativação e explicitação de conhecimentos perfilhados pelos alunos, anteriormente adquiridos e relacionados direta ou indiretamente com o fenómeno em estudo, permitindo detetar a sua aproximação ou afastamento ao conhecimento cientificamente aceite. A *Elaboração de Previsões* operacionaliza-se através de dois modos que se diferenciam na apresentação ou não de justificações para as previsões efetuadas. O primeiro modo de operacionalização incide apenas na elaboração de previsões sem a apresentação de nenhum tipo de fundamentação. O segundo modo de operacionalização, mais complexo do que o anterior, implica não só a elaboração de uma previsão mas também a apresentação de razões, fundamentos teóricos e/ou situações vivenciadas no quotidiano, que sustentem a previsão efetuada. Implica, assim, um processo reflexivo que poderá evitar a elaboração de previsões meramente aleatórias e contribuir para o desenvolvimento da capacidade de as distinguir da adivinhação. A *Elaboração de Previsões*, enquadrada no primeiro modo de operacionalização, é frequente nos manuais escolares de Estudo do Meio do 4.º ano (ex.: PIRES & GONÇALVES, 2013; RODRIGUES et al., 2013), estando ilustrada no exemplo da subdimensão *Planificação de Atividades Laboratoriais*, adiante apresentado, e, também, na questão seguinte:

Faz as tuas previsões sobre o que poderá acontecer às plantas A [planta coberta por uma caixa totalmente fechada], B [planta coberta por uma caixa com aberturas] e C [planta destapada] (MAGALHÃES & LOURENÇO, 2016, p. 169 – CN5, influência da luz no desenvolvimento das plantas).

O Quadro 4 dá a conhecer o modo de operacionalização das cinco subdimensões que corporizam a dimensão correspondente ao processo científico *Observação*.

Quadro 4: Modo de operacionalização da dimensão *Observação*

Subdimensão	Operacionalização	
Focalização da Observação	É solicitada a observação sem indicar nem solicitar a definição do enfoque de observação	
	É solicitada a observação sendo indicado o enfoque de observação	descrição de propriedades dos objetos ou fenómenos
		descrição das mudanças nas propriedades dos objetos ou fenómenos
	É solicitada a observação e a indicação do enfoque de observação a adotar	
Processo de Observação	É solicitada a observação sem o recurso a instrumentos auxiliares	
	É solicitada a observação recorrendo a instrumentos auxiliares	
Natureza da Observação	É solicitada a observação sem recorrer à quantificação das propriedades dos objetos e fenómenos observados (Observação qualitativa)	
	É solicitada a observação recorrendo à quantificação das propriedades dos objetos e fenómenos observados (Observação quantitativa)	
Registo da Observação	É solicitado o registo da observação sem indicar nem solicitar a definição do formato a adotar	
	É solicitado o registo da observação indicando o formato a adotar: tabela, gráfico, desenho com ou sem legenda, esquema, texto	
	É solicitado o registo da observação e a seleção do formato a adotar	
Período de Observação	É solicitada a definição do tempo total de observação/medição	
	É solicitada a definição da frequência de observação/medição	

Fonte: Os autores

A subdimensão *Focalização da Observação* reporta-se à execução do processo de observação a partir ou não da indicação prévia do aspeto a observar. É, então, operacionalizada através de modos que se distinguem no fornecimento de instruções quanto ao enfoque de observação, repercutindo-se na possibilidade do aluno assumir ou não a responsabilidade na seleção do enfoque adequado à observação do objeto e/ou fenómeno em estudo. O primeiro modo de operacionalização limita-se a indicar a necessidade de efetuar uma observação, sem especificar o enfoque a seguir e sem explicitar se é ou não da competência do aluno a seleção do enfoque a adotar. É uma observação que pela perspetiva de Pujol (2007) pode ser designada como *livre*. Segundo esta autora, a liberdade de observação é relevante num primeiro momento e nos primeiros anos de escolaridade pela possibilidade de motivar, incentivar, a curiosidade e a exploração do desconhecido. Contudo, a ausência de instruções claras e que indiquem explicitamente a finalidade pretendida dificulta a consciencialização do aluno acerca do papel a desempenhar, torna este modo de operacionalização ambíguo, podendo conduzir a observações

aleatórias e sendo então, neste caso, de evitar. Enquadra-se nesta situação a instrução seguinte:

Observa e regista os resultados observados em cada copo [Copo A: água salgada e concha da praia, Copo B: água salgada acidificada e concha de praia] (CAMPOS & DIAS, 2014, p. 144 – CN8, efeito das chuvas ácidas).

A ambiguidade do enfoque de observação aqui patente é reafirmada pela leitura desta atividade laboratorial que mostra a inexistência de qualquer indicador da “libertação de bolhas no copo B” como o aspeto a observar, conforme se depreende da sugestão de resposta à questão de discussão “2. Refere o que observaste nos copos A e B decorridos alguns minutos”, e da ausência da exploração do significado dessa ocorrência na compreensão do efeito da acidificação da água do mar nos animais.

O segundo modo de operacionalização é categorizado como uma observação do tipo *dirigida* (PUJOL, 2007). Distingue-se do primeiro pelo seu carácter mais diretivo, na medida em que estipula o enfoque a seguir no processo de observação, podendo incidir na descrição e/ou na mudança das propriedades dos objetos e/ou fenómenos em estudo. Esta definição orienta o aluno no reconhecimento das propriedades que devem ser objeto de registo de acordo com o objetivo da atividade, contribuindo, assim, para o desenvolvimento da capacidade de observação. Nesta abordagem, a aprendizagem poderá e deverá ainda ser incrementada através de tarefas de reflexão sobre a adequação do enfoque de observação ao objetivo da atividade laboratorial. A promoção da observação em função de um enfoque previamente indicado está ilustrada nos exemplos seguintes:

Corta o opérculo. Retira uma brânquia e lava-a com água. Observa e regista a forma e a cor. | Retira um filamento da brânquia e coloca-o numa lâmina. Observa à lupa e regista a forma e a cor (MOTTA et al., 2017, p. 64 – CN6, sistema respiratório do carapau).

Observa e regista o estado de desenvolvimento (altura, número e estado das folhas) após duas semanas (PEREIRA et al., 2014, p. 72 – CN8, competição nas plantas).

Na primeira situação, a observação deverá incidir na descrição de propriedades – forma e cor – do material biológico em estudo – brânquias. Na segunda situação, a

observação deverá incidir na mudança das propriedades – altura, número e estado das folhas – dos objetos (plantas) envolvidos no fenómeno biótico *Competição*.

O terceiro modo de operacionalização apresenta um maior grau de abertura do que o segundo, implicando um maior envolvimento do aluno na sua concretização, e, contrariamente ao primeiro modo de operacionalização, aponta explicitamente para uma tomada de decisão pelo aluno. Enquadra-se neste modo de operacionalização o caso seguinte que atribui ao aluno a responsabilidade na seleção das propriedades significativas a observar:

Observe diariamente os dois vasos. Registe os dados que considerar mais relevantes durante uma semana, de modo a permitir evidenciar a interação entre os caracóis e as plantas em estudo (MOREIRA et al., 2014, p. 90 – CN8, interação dos seres vivos).

O segundo e o terceiro modo de operacionalização são educacionalmente relevantes mas, dado o seu grau de complexidade crescente, deverão ser implementados sequencialmente. O desenvolvimento da capacidade de definir um enfoque de observação implica a realização prévia de tarefas orientadas não só para a observação e o respetivo registo em função de enfoques listados mas também para a compreensão da relevância desses enfoques na análise do objeto ou fenómeno em estudo.

A segunda subdimensão *Processo de Observação* reporta-se ao uso ou não de instrumentos auxiliares (ex.: lupa, microscópio, termómetro, etc.) na observação de um objeto ou fenómeno. O primeiro modo de operacionalização pressupõe a observação sem o recurso a instrumentos auxiliares, sendo, por isso, designada por observação *direta* (AFONSO, 2008). Já no segundo modo de operacionalização, a observação é apoiada no uso de instrumentos auxiliares, adquirindo a designação de observação *indireta* (AFONSO, 2008). Estes dois modos de operacionalização são igualmente relevantes pelo que o desenvolvimento da capacidade de observação implica a concretização de ambos. O *Processo de Observação* relaciona-se com a *Natureza da Observação* porque esta última subdimensão pressupõe a realização de observações de cariz qualitativo e de cariz quantitativo, implicando, conseqüentemente, o recurso ou não a instrumentos auxiliares de observação. Neste sentido, a operacionalização da observação deverá contemplar a reflexão acerca do carácter subjetivo inerente à observação de determinados fenómenos e do papel dos

procedimentos de quantificação na redução dessa subjetividade e no incremento da precisão de observação. O desenvolvimento da capacidade de observação passará também pelo desenvolvimento da compreensão acerca da importância da conjugação de procedimentos qualitativos e quantitativos no estudo de alguns fenómenos. Ainda neste âmbito, propicia-se a reflexão sobre o papel da teoria na construção dos instrumentos de observação e sobre a observação por eles mediada não se limitar a ampliar o poder dos órgãos dos sentidos mas implicar que a ele esteja associada a mobilização de ideias:

O instrumento de medida acaba sempre por ser uma teoria, e é preciso compreender que o microscópio é mais um prolongamento do espírito do que do olho (LE ROY, 1935 in BACHELARD, 2006⁴, p. 370).

A subdimensão *Registo da Observação* admite três modos de operacionalização que, à semelhança de outras subdimensões já explicitadas, se diferenciam pelo grau de responsabilidade atribuído ao aluno na seleção do formato a adotar no registo de observação. O primeiro modo de operacionalização, pela ausência de orientações específicas, pode conduzir à adoção aleatória do formato de registo e sem que o aluno tenha ou desenvolva a noção da adequabilidade da opção tomada. O segundo modo de operacionalização determina a ação do aluno enquanto o terceiro modo de operacionalização já lhe confere a responsabilidade na tomada de decisão acerca do formato de registo a adotar. A implementação deste modo de operacionalização implica o desenvolvimento prévio das capacidades de registo da informação nos vários formatos listados. A indicação prévia de formatos a adotar no registo da observação está, por exemplo, ilustrada nas seguintes situações:

Registrar os resultados de dois em dois dias usando um esquema, tirando fotografias ou registando o aspeto das plantas (tamanho e cor das folhas, número das folhas presentes) (PEREIRA et al., 2014, p. 135 – CN8, efeito das chuvas ácidas).

Constrói um gráfico com os valores de frequência cardíaca e pressão arterial que determinaste, identificando os vários momentos em que efetuaste o registo (PEREIRA et al., 2015, p. 101 – CN9, frequência cardíaca e pressão arterial).

[...] Identifica e descreve ou desenha as estruturas que observas. [...] (COSTA et al., 2015, p. 118 – CN9, sistema respiratório do coelho).

⁴ Edição original: 1938

Os exemplos apresentados apontam formatos diversificados de registo da observação – gráfico, desenho, esquema, fotografia – e que estão adequados ao estudo dos respetivos objetos e/ou fenómenos.

A subdimensão *Registo da Observação* interliga-se com a subdimensão *Operacionalização de Variáveis* quando o fenómeno em observação implica a manipulação e o controlo de variáveis, na medida em que o registo terá de expressar a relação entre a variável manipulada e a variável medida/observada. A *Observação* implica também o desenvolvimento da capacidade de definição do período e frequência da recolha de dados. É neste sentido que estão direcionados os dois modos de operacionalização que constituem a subdimensão *Período de Observação*, conferindo ao aluno a tomada de decisão na determinação do período e frequência de observação, necessários para uma recolha de dados que permitam a análise do objeto ou fenómeno em estudo. Considerando a aprendizagem como um processo gradual e progressivamente mais complexo, mostra-se relevante a implementação inicial de tarefas orientadas para a reflexão acerca da adequação do período e frequência de registos previamente determinados.

O Quadro 5 apresenta o modo de operacionalização de cada uma das subdimensões que constituem a dimensão correspondente ao processo científico *Operacionalização de Variáveis*.

Quadro 5: Modo de operacionalização da dimensão *Operacionalização de Variáveis*

Subdimensão	Operacionalização	
Identificação de Variáveis	É solicitada a identificação da(s)	variáveis mantidas constantes (controlo)
		variável manipulada (independente)
		variável medida/observada (dependente)
Definição de Variáveis	É solicitada a definição da(s)	variáveis a serem mantidas constantes (controlo)
		variável a ser manipulada (independente)
		variável a ser medida/observada (dependente)

Fonte: Os autores

As duas subdimensões que corporizam a *Operacionalização de Variáveis* contemplam o mesmo número de possibilidades de operacionalização que se reportam aos vários tipos de variáveis envolvidas na concretização de uma atividade laboratorial quando esta assim o exige. Diferem no grau de envolvimento atribuído ao aluno na operacionalização das variáveis. A primeira subdimensão implica apenas a identificação das variáveis previamente estabelecidas. A segunda subdimensão

confere ao aluno a tomada de decisão na operacionalização das variáveis, atribuindo-lhe a responsabilidade na seleção das variáveis a manipular, a controlar e a observar/medir no âmbito do fenómeno em estudo. As questões seguintes são ilustrativas da operacionalização nas atividades laboratoriais da subdimensão *Identificação de variáveis*:

1. Qual é a variável independente ('O que mudamos') em estudo? 2. Quais são as variáveis independentes ('O que mantemos') sob controlo? 3. Qual é a variável dependente ('O que vamos registar') escolhida? (MOTTA et al., 2016, p. 50 – CN5, influência dos fatores abióticos nos animais).

Identifica a letra da tabela da figura 2 correspondente a: variável dependente; variáveis independentes sob controlo; variável independente em estudo (COSTA et al., 2015, p. 122 – CN9, frequência ventilatória).

Estes exemplos diferenciam-se na especificidade da formulação das questões, refletindo a adequação do discurso aos respetivos anos de escolaridade. No primeiro exemplo, a formulação das questões inclui o uso simultâneo de linguagem própria das Ciências (ex.: Qual é a variável independente em estudo?) e de linguagem mais familiar dos alunos (ex.: O que mudamos) de modo a promover a compreensão da pergunta, o que já não acontece no segundo exemplo que se limita ao uso de linguagem científica, em virtude de se destinar a um nível de escolaridade mais elevado em que o domínio desta linguagem deverá estar consolidado. A subdimensão *Definição de Variáveis* está patente nos exemplos apresentados para ilustrar a subdimensão *Planificação de Atividades Laboratoriais*, adiante explicitada.

O Quadro 6 expõe o modo de operacionalização de cada uma das subdimensões que integram a dimensão correspondente ao processo científico *Medição*. Esta subdimensão relaciona-se com a anterior – *Operacionalização de Variáveis* – porque a definição da variável a medir implica decidir o que é passível de ser medido e a seleção dos instrumentos de medição adequados.

A *Medição* implica a mobilização de unidades e instrumentos de medida para nas atividades laboratoriais se efetuar a construção de dispositivos laboratoriais, a operacionalização de procedimentos laboratoriais e a recolha de dados necessários para a análise do objeto e/ou fenómeno em estudo. Neste último caso, as medições podem ser necessárias para efetuar cálculos que face à natureza do objeto e/ou fenómeno em estudo são fulcrais na sua interpretação.

Quadro 6: Modo de operacionalização da dimensão *Medição*

Subdimensão	Operacionalização
Realização de Medições	É solicitada a realização de medições em função da unidade previamente indicada para a respetiva grandeza (capacidade, temperatura, etc.) e dos instrumentos a mobilizar
	É solicitada a realização de medições, exigindo a seleção prévia da unidade adequada à respetiva grandeza (capacidade, temperatura, etc.) e dos instrumentos a mobilizar
Aplicação de Medições	É solicitada a realização de cálculos mobilizando as medições efetuadas

Fonte: Os autores

A *Realização de Medições* pressupõe dois modos de operacionalização que se distinguem pela responsabilidade atribuída ao aluno na consecução da medição. O primeiro caso determina as regras a seguir na medição enquanto no segundo caso compete ao aluno decidir a unidade de medida e o respetivo instrumento a mobilizar. Esta tomada de decisão implica a reflexão acerca da adequação da seleção efetuada, imprescindível no desenvolvimento da capacidade de medição. A análise de manuais escolares mostra que a medição integra as atividades laboratoriais e que as funções assumidas estão dependentes da natureza do objeto e/ou do fenómeno em que incidem e do domínio científico em que se insere o seu estudo.

O Quadro 7 mostra o modo de operacionalização de cada uma das subdimensões que formam, respetivamente, as dimensões correspondentes aos processos científicos *Classificação* e *Seriação*.

Quadro 7: Modo de operacionalização das dimensões *Classificação* e *Seriação*

Subdimensão	Operacionalização
CLASSIFICAÇÃO	
Mobilização de Critérios de Classificação	É solicitada a formação de grupos segundo propriedades previamente indicadas
	É solicitada a seleção das propriedades que vão orientar a formação de grupos
Tipos de Classificação	É solicitada a formação de grupos em função de uma única propriedade
	É solicitada a formação de grupos em função de mais do que uma propriedade
SERIAÇÃO	
Mobilização de Critérios de Seriação	É solicitada a seriação de objetos segundo propriedades previamente indicadas
	É solicitada a seleção das propriedades que vão orientar a seriação de objetos
Tipos de Seriação	É solicitada a seriação de objetos em função de uma única propriedade
	É solicitada a seriação de objetos em função de mais do que uma propriedade

Fonte: Os autores

Estas dimensões são aqui apresentadas em conjunto porque têm a mesma estrutura e seguem os mesmos princípios. Estão organizadas em duas subdimensões – *Mobilização de Critérios de Classificação/Seriação* e *Tipos de Classificação/Seriação* –, contemplando cada uma dois modos de operacionalização.

A primeira subdimensão de cada um dos processos – *Mobilização de Critérios* – inclui dois modos de operacionalização que se distinguem pelo grau de envolvimento do aluno na tomada de decisão acerca das propriedades a mobilizar. O primeiro modo de operacionalização implica apenas a mobilização de propriedades previamente fornecidas enquanto o segundo modo já exige a identificação de propriedades passíveis de conduzir à formação de grupos. A segunda subdimensão – *Tipos de Classificação/Seriação* – está estruturada em função do número de propriedades mobilizadas, respetivamente, na formação de grupos de objetos ou de fenómenos e na ordenação de objetos. Neste sentido, a classificação pode ser categorizada como *binária* ou *múltipla* (SÁ, 2002) e a seriação como *simples* ou *complexa* (AFONSO, 2008), consoante são mobilizadas, respetivamente, uma única ou várias propriedades.

O Quadro 8 dá a conhecer o modo de operacionalização de cada uma das subdimensões que integram a dimensão correspondente ao processo científico *Pesquisa de Informação*.

Quadro 8: Modo de operacionalização da dimensão *Pesquisa de Informação*

Subdimensão	Operacionalização
Natureza da Pesquisa	É solicitada a pesquisa de informação sem a indicação de orientações prévias nem a solicitação da definição de critérios orientadores da pesquisa
	É solicitada a pesquisa de informação em função de orientações prévias
	É solicitada a pesquisa de informação e definição de critérios orientadores da pesquisa

Fonte: Os autores

A *Pesquisa de Informação* implica a mobilização da capacidade de procura, seleção e organização da informação e da capacidade de distinguir entre fontes primárias e secundárias. A aprendizagem destas capacidades poder-se-á processar através de tarefas de pesquisa *livre* e/ou *dirigida/orientada*. É esta natureza da pesquisa que se acentua na única subdimensão considerada na dimensão *Pesquisa de Informação*. São, assim, preconizados três modos de operacionalização que, à

semelhança de outras subdimensões, se distinguem pelo grau de responsabilidade atribuída ao aluno na sua consecução. O primeiro modo de operacionalização assenta num processo de pesquisa livre, isto é, sem o fornecimento de orientações prévias, que pela ausência da solicitação explícita dos critérios mobilizados pode conduzir a pesquisas aleatórias e com relevância limitada. O segundo modo de operacionalização, de natureza dirigida, caracteriza-se pelo fornecimento de linhas orientadoras da pesquisa. O terceiro modo de operacionalização também pode ser considerado como um processo de pesquisa livre mas distancia-se significativamente do primeiro pela exigência da explicitação de critérios adotados. É através da reflexão, pela tomada de consciência dos critérios de pesquisa adotados e da análise da sua adequação aos objetivos pretendidos, que se desenvolverá a capacidade de pesquisar autonomamente.

O Quadro 9 apresenta o modo de operacionalização de cada uma das subdimensões que constituem a dimensão correspondente ao processo científico *Análise*.

Quadro 9: Modo de operacionalização da dimensão *Análise*

Subdimensão	Operacionalização	
Interpretação dos Dados	É solicitada a interpretação de dados sem a indicação de orientações	
	É solicitada a interpretação de dados em função de orientações fornecidas	estabelecimento de relações entre variáveis
		estabelecimento de semelhanças e diferenças
		identificação de tendências e regularidades
		comparação entre os dados e as previsões/hipóteses iniciais
		formulação de conclusões
	realização de previsões tendo por base os dados obtidos	

Fonte: Os autores

A *Análise* consiste na interpretação dos dados recolhidos a partir da observação, qualitativa e/ou quantitativa, do objeto e/ou fenómeno em estudo. Contempla dois modos de operacionalização que se distinguem pelo fornecimento ou não de orientações na interpretação dos dados. A ausência de orientações pode conduzir a interpretações aleatórias, sem nenhum significado educativo. Neste sentido, assume relevância o segundo modo de operacionalização que pode assentar em múltiplas orientações. Apresentam-se, em seguida, algumas questões orientadoras da análise dos dados, presentes em atividades laboratoriais, que ilustram os modos de operacionalização acima listados:

Indica três semelhanças das células observadas (COSTA et al., 2014, p. 38 – CN8, células animais e vegetais).

As tuas previsões foram confirmadas com os resultados da experiência? (MAGALHÃES & LOURENÇO, 2016, p. 169 – CN5, influência da luz no desenvolvimento das plantas).

Os resultados obtidos estavam de acordo com as tuas previsões? (GONÇALVES, MAGALHÃES & LOURENÇO, 2017, p. 67 – CN6, influência da temperatura no desenvolvimento de microrganismos).

Regista a tua conclusão (PIRES & GONÇALVES, 2013, p. 87 – EM4, vasos comunicantes).

Se o osso fosse mais grosso, achas que os resultados seriam os mesmos? Justifica (RODRIGUES et al., 2013, p. 12 – EM4, constituição dos ossos).

Faz uma previsão para o valor da tua frequência cardíaca quando estás a dormir. Justifica a tua resposta (CARRAJOLA et al., 2015, p. 106 – CN9, frequência cardíaca e pressão arterial).

É de assinalar, a título de exemplo, que embora a *Elaboração de Previsões* seja frequente nos manuais escolares de Estudo do Meio do 4.º ano, a comparação entre os resultados obtidos e as previsões está limitada a um número reduzidíssimo de ocorrências.

O Quadro 10 mostra o modo de operacionalização de cada uma das subdimensões que corporizam a dimensão correspondente ao processo científico *Comunicação*.

Quadro 10: Modo de operacionalização da dimensão *Comunicação*

Subdimensão	Operacionalização
Registo da Atividade Laboratorial Realizada	É solicitada a descrição da atividade laboratorial realizada seguindo o formato indicado: desenho com ou sem legenda, resumo, poster, suporte multimédia, relatório, artigo
	É solicitada a descrição da atividade laboratorial realizada e a seleção do formato a adotar
Disseminação da Atividade Laboratorial Realizada	É solicitada a apresentação oral/discussão na turma da atividade laboratorial ou parte da atividade realizada (problema, hipótese, previsão, resultados, etc.)
	É solicitada a apresentação na comunidade educativa da atividade laboratorial ou parte da atividade realizada

Fonte: Os autores

A *Comunicação* consiste na elaboração de um registo descritivo da execução da atividade laboratorial em formatos de natureza diversificada, na discussão de algumas fases da atividade laboratorial em simultâneo à sua execução e/ou na

apresentação global da execução da atividade laboratorial num momento final. Os modos de operacionalização do *Registo da Atividade Laboratorial Realizada* distinguem-se no grau de envolvimento conferido ao aluno, sendo maior no segundo do que no primeiro porque é-lhe atribuída a responsabilidade na seleção do formato de registo a adotar. O formato de registo *Desenho* é preconizado para os primeiros níveis de escolaridade enquanto o formato *Artigo*, numa aproximação aos artigos científicos, estará mais adequado para os níveis de escolaridade mais elevados. As duas subdimensões que corporizam a *Comunicação* interligam-se porque a *disseminação/discussão da atividade laboratorial* deverá estar apoiada na exploração de um registo, conforme previsto na primeira subdimensão. A discussão no grupo turma, preconizada segundo uma perspetiva educacional de cariz autosocioconstrutivista, assume um papel relevante na aprendizagem pela possibilidade da partilha, confrontação e reformulação das ideias. A disseminação na comunidade educativa também se mostra pertinente não só pela partilha do conhecimento mas também pela possibilidade de potenciar o desenvolvimento das capacidades necessárias ao exercício futuro de um papel ativo e interventivo na sociedade. O *Registo da Atividade Laboratorial Realizada* é solicitado em atividades laboratoriais de manuais escolares de diferentes anos de escolaridade através de instruções como aquelas que, a título de exemplo, são em seguida apresentadas e que indicam o *Relatório*, *Poster* ou *Apresentação Multimédia* como o formato de registo a adotar:

Elabora um relatório/poster onde constem as variáveis estudadas, os resultados obtidos e a influência dos fatores abióticos nos ecossistemas." (OLIVEIRA et al., 2014, p. 65 – CN8, influência da água e da luz no comportamento das minhocas).

Faz uma apresentação multimédia à turma com os resultados da tua investigação (DELGADO et al., 2014, p. 57 – CN8, influência da temperatura na germinação de sementes).

O *Registo e a Disseminação da Atividade Laboratorial Realizada* estão, ainda, patentes no exemplo da subdimensão *Planificação de Atividades Laboratoriais*, a seguir explicitada.

O Quadro 11 apresenta o modo de operacionalização de cada uma das subdimensões que compõem a dimensão correspondente ao processo científico

Investigação. O processo científico *Investigação* implica a mobilização articulada de todos os outros processos científicos na planificação de atividades laboratoriais.

Quadro 11: Modo de operacionalização da dimensão *Investigação*

Subdimensão	Operacionalização
Planificação de Atividades Laboratoriais (AtLab)	É solicitada a definição de apenas algumas fases (Objetivos de aprendizagem, Hipótese, Previsão, Contextualização teórica, Material, Métodos/técnicas, Registo de dados, Análise de dados, Conclusões, Reflexão, Comunicação) a partir de um problema previamente indicado
	É solicitada a definição de todas as fases a partir de um problema previamente indicado
	É solicitada a formulação de um problema e das fases subsequentes
Avaliação da Planificação das AtLab	São solicitadas as razões que suportam as decisões tomadas na definição das fases das atividades laboratoriais
	É solicitada a revisão das planificações das atividades laboratoriais no grupo turma
Estruturação da Implementação das AtLab Planificadas	É solicitada a distribuição de papéis a assumir pelos alunos na implementação das atividades laboratoriais planificadas
	É solicitada a justificação da distribuição dos papéis a assumir pelos alunos na implementação das atividades laboratoriais planificadas

Fonte: Os autores

A subdimensão *Planificação de Atividades Laboratoriais* implica o estabelecimento de um plano de ações, a definição das fases que corporizam uma atividade laboratorial (COELHO DA SILVA, 2009), que possibilite a construção de uma resposta para o problema em estudo e a consecução dos objetivos de aprendizagem pretendidos. Os modos de operacionalização apontam para a realização de investigações abertas ou semiabertas que implicam, respetivamente, a definição de todas ou apenas algumas das fases que corporizam uma atividade laboratorial. O desenvolvimento da capacidade de planificação de atividades laboratoriais implica a consciencialização das razões que suportam as opções tomadas e da sua adequação aos objetivos pretendidos. Esta consciencialização pode ser incrementada através da promoção de um diálogo no grupo turma, assente na comparação dos planos efetuados pelos vários grupos de trabalho e da apresentação de sugestões que os permitam aperfeiçoar. É um processo que implica a negociação de decisões e, também, de ideias, potencializador da obtenção de consensos e da (re)construção dos conhecimentos. Assumindo-se que a *Planificação de Atividades Laboratoriais* deverá ser realizada em grupo e num contexto de aprendizagem cooperativa importa promover a estruturação do trabalho de grupo, promovendo a interdependência positiva.

A operacionalização da *Planificação de Atividades Laboratoriais* é regularmente concretizado nos manuais escolares através de atividades de *investigação* do tipo *semiaberta*, que se caracterizam pela indicação usual do problema a estudar e pela solicitação da definição de uma ou mais das fases necessárias à sua concretização. Enquadra-se nesta subdimensão o seguinte exemplo:

Como testar a influência dos fatores abióticos em ecossistemas experimentais? Vamos planear e executar uma experiência (...). **Material** (...). **Planificação do procedimento a adotar:** 1. Quais são os fatores abióticos que vamos variar? 2. Quais são os fatores abióticos que vamos manter? 3. Poderemos usar serradura ou algodão em vez do solo? 4. Para a questão-problema da atividade, quais são as hipóteses que podemos propor? 5. Quais são as tuas previsões relativamente aos resultados? 6. Redige o procedimento a seguir. **Registo de dados:** 1. Elabora uma tabela de observação de resultados. Anota o dia e a hora das tuas observações. **Conclusão:** 1. Responde à questão-problema, 2. Compara a tua previsão com as conclusões finais. **Comunicação dos resultados e da conclusão:** 1. Faz uma exposição de resultados com fotografias de todos os passos da experiência e um resumo da tua conclusão final. Poderás expor um cartaz científico [...] (ANTUNES et al., 2014, p. 89 – CN8, influência dos fatores abióticos nos ecossistemas).

Esta atividade laboratorial apresenta orientações/recomendações que direcionam os alunos para o cumprimento de algumas fases necessárias à sua consecução e determina, também, a operacionalização de processos científicos que corresponde a modos referidos nas subdimensões anteriormente explicitadas. Assim, determina o modo de operacionalização da *Elaboração de Previsões* ao solicitar uma previsão sem exigir uma fundamentação, do *Registo da Observação* pela indicação da construção de uma tabela para registo de dados, da *Análise* ao indicar a realização da comparação entre as previsões e as conclusões, e da *Disseminação da Atividade Laboratorial Realizada* através da indicação da realização de uma exposição e do recurso a fotografias, resumo e cartaz. São, ainda, de assinalar outros exemplos que se encontram em outros manuais escolares de CN5 (MOTTA et al., 2016, p. 51) e CN8 (COSTA et al., 2014, p. 76; PEREIRA et al., 2014, p. 60).

Os Quadro 12 e 13 mostram o modo de operacionalização das dimensões relativas às *Estratégias Metacognitivas*. Estas incidem na abordagem de todos os processos científicos anteriormente explicitados. O Quadro 12 apresenta o modo de

operacionalização da subdimensão que integra a dimensão correspondente à estratégia metacognitiva *Compreensão do Papel Educativo da Atividade Laboratorial*.

A *Reflexão sobre os Objetivos de Aprendizagem* está orientada para a apropriação, consciencialização do nível de compreensão dos objetivos de aprendizagem subjacentes às atividades laboratoriais pelos alunos. Implica considerar não só os objetivos relacionados com a aprendizagem dos processos científicos e das estratégias metacognitivas mas também os relacionados com o conhecimento substantivo, pois considera-se que essas aprendizagens não ocorrem no vazio, necessitando de um conhecimento substantivo para que se desenvolvam. Os quatro modos de operacionalização caracterizam-se pelo grau de abertura progressivamente crescente, implicando um maior envolvimento cognitivo do aluno.

Quadro 12: Modo de operacionalização da dimensão *Compreensão do Papel Educativo da Atividade Laboratorial (AtLab)*

Subdimensão	Operacionalização
Reflexão sobre os Objetivos de Aprendizagem	É solicitada a interpretação dos objetivos de aprendizagem enumerados, de acordo com a estrutura da atividade laboratorial
	É solicitada a definição de objetivos de aprendizagem
	selecionando-os a partir de uma listagem fornecida completando uma listagem fornecida estabelecendo livremente o número e tipo de objetivos
Reflexão sobre as Tarefas da AtLab	É solicitado o estabelecimento da relação entre o tipo de tarefas que corporizam as atividades laboratoriais e os objetivos de aprendizagem listados e/ou a definir

Fonte: Os autores

A subdimensão *Reflexão sobre as Tarefas da Atividade Laboratorial* implica identificar o tipo de tarefas que conduzem à operacionalização dos processos científicos e interliga-se com a subdimensão anterior porque exige relacionar uma ou mais tarefas com os objetivos de aprendizagem que permitem desenvolver. A operacionalização desta subdimensão também pode assumir diferentes graus de abertura recorrendo a opções idênticas às da subdimensão anterior.

O Quadro 13 apresenta o modo de operacionalização das subdimensões que corporizam a estratégia metacognitiva *Regulação da Operacionalização de Processos Científicos*.

A *Regulação da Operacionalização de Processos Científicos* incide na análise da eficiência das decisões tomadas, na consciencialização da relevância para a aprendizagem da participação na tomada de decisões e na consciencialização das dificuldades sentidas quer na tomada de decisões quer na execução dos processos

científicos. São estas ações que permitirão ao aluno definir as tarefas a desenvolver para melhorar o seu desempenho e, deste modo, desenvolver capacidades que o tornam capaz de assumir a gestão do seu próprio percurso de aprendizagem.

Quadro 13: Modo de operacionalização da dimensão *Regulação da Operacionalização de Processos Científicos*

Subdimensão	Operacionalização
Reflexão sobre a Tomada de Decisões	É solicitada a análise da adequação das decisões tomadas no modo de operacionalização dos processos científicos
	É solicitada a reflexão acerca das vantagens educativas do envolvimento dos alunos na tomada de decisão acerca do modo de operacionalização dos processos científicos
Reflexão sobre as Dificuldades Experienciadas	É solicitada a indicação das dificuldades sentidas na decisão do modo de operacionalização dos processos científicos
	É solicitada a indicação das dificuldades sentidas na execução dos processos científicos
	É solicitada a planificação de tarefas orientadas para ultrapassar as dificuldades sentidas

Fonte: Os autores

A operacionalização integrada das estratégias metacognitivas e dos processos científicos é uma característica que identifica a atividade laboratorial proposta por Coelho da Silva (2009) e as atividades laboratoriais idealizadas, concebidas, implementadas e avaliadas nos estudos de de caso desenvolvidos, por exemplo, na exploração das *mudanças de estado físico* no 4.º ano de escolaridade (PINHEIRO, 2012) e na abordagem da *morfofisiologia do sistema circulatório* no 10.º ano de escolaridade (GONÇALVES, 2012).

Considerações finais

A grelha idealizada e que anteriormente se explicitou permite evidenciar os posicionamentos assumidos pelos manuais escolares de Ciências na abordagem dos processos científicos e das estratégias metacognitivas através das atividades laboratoriais. A análise qualitativa por ela proporcionada pode ser complementada com a quantificação do número de atividades laboratoriais que expressa cada um dos modos de operacionalização dos processos científicos e das estratégias metacognitivas, permitindo, assim, estabelecer tendências e regularidades que influenciam o sentido da aprendizagem neste domínio. Encontra-se em curso a aplicação desta grelha ao *corpus* das 26 atividades laboratoriais incluídas no domínio programático *Ecossistemas* de quatro manuais escolares portugueses do 8.º ano de escolaridade (CAMPOS & DIAS, 2014; MOREIRA et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2014;

PEREIRA et al., 2014), editados pela primeira vez em 2014 e, atualmente, em vigor. A seleção do domínio programático referido prende-se com o facto de ser propício à implementação deste tipo de atividades e de, no seio dos três domínios programáticos que corporizam o 8.º ano, ser aquele que ocupa maior dimensão, correspondendo, aproximadamente, à dimensão ocupada conjuntamente pelos outros dois domínios. Pretende-se, numa fase posterior, ampliar este estudo a outros manuais escolares de Ciências Naturais e de Estudo do Meio, de vários anos de escolaridade, e a todos os domínios/blocos programáticos, de modo a permitir uma análise horizontal e vertical. Uma análise preliminar dos resultados já obtidos permite apontar o potencial das atividades laboratoriais no desenvolvimento de alguns processos científicos e sublinhar a ausência de tarefas direcionadas para o desenvolvimento da problematização e da reflexão metacognitiva centrada na apropriação dos objetivos de aprendizagem e na regulação da operacionalização dos processos científicos.

Nota: Este trabalho é financiado pelo CIED - Centro de Investigação em Educação, projetos UID/CED/1661/2013 e UID/CED/1661/2016, Instituto de Educação, Universidade do Minho, através de fundos nacionais da FCT/MCTES-PT.

Referências

- AFONSO, M. M. **A educação científica no 1.º ciclo do ensino básico – das teorias às práticas**. Porto: Porto Editora, 2008.
- ANTUNES, C. et al. **Descobrir a Terra 8. Ciências Naturais, 8.º ano**. Porto: Areal Editores, 2014.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Lisboa: Dinalivro, 2006.
- CAAMAÑO, A. & COROMINAS, J. ¿Cómo abordar con los estudiantes la planificación de los trabajos prácticos investigativos? **Alambique**, Barcelona, n.º 39, p. 52-63, 2004.
- CAAMAÑO, A. ¿Como transformar los trabajos prácticos tradicionales en trabajos prácticos investigativos? **Aula de Innovación Educativa**, Barcelona, n.º 113, p. 21-26, 2002.
- CAAMAÑO, A. Los trabajos prácticos en ciencias. In: JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (Coord.). **Enseñar Ciencias**. Barcelona: GRAÓ, 2003, p. 95-118.
- CAMPOS, C. & DIAS, M. **Terra CN. Ciências Naturais, 8.º ano**. Lisboa: Texto Editores, 2014.
- CARRAJOLA, C. et al. **Projeto Desafios. Ciências Naturais, 9.º ano**. Barcarena, Portugal: Santillana, 2015.
- COELHO DA SILVA, J. L. & LEITE, L. Atividades laboratoriais em manuais escolares: proposta de critérios de análise. **Boletín das Ciencias, X Congreso de ENCIGA**. Santiago de Compostela, ano X, n.º 32, p. 259-264, 1997.

- COELHO DA SILVA, J. L. Actividades laboratoriais e autonomia na aprendizagem das Ciências. In: VIEIRA, F. et al. (Eds.). **Pedagogia para a autonomia – Reconstruir a esperança na educação. Actas do 4.º Encontro do GT-PA (Grupo de Trabalho – Pedagogia para a Autonomia)**. Braga: Universidade do Minho, Centro de Investigação em Educação, 2009, p. 205-218.
- COSTA, I. et al. **Viva a Terra! Ciências Naturais, 8.º ano**. Porto: Porto Editora, 2014.
- COSTA, I. et al. **Viva a Terra! Ciências Naturais, 9.º ano**. Porto: Porto Editora, 2015.
- DELGADO, C. et al. **À Descoberta da Vida 8. Ciências Naturais, 8.º ano**. Lisboa: Texto Editores, 2014.
- GARCÍA BARROS, S. & MARTÍNEZ LOSADA, C. Análisis del trabajo práctico en textos escolares de primaria e secundaria. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, número extra, p. 5-16, 2003.
- GONÇALVES, A., MAGALHÃES, P. & LOURENÇO, S. **Ciência Viva 6 - Parte 2. Ciências Naturais, 6.º ano, 2.º Ciclo do Ensino Básico**. Lisboa: Raiz Editora, 2017.
- GONÇALVES, J. **Mudança conceptual e aprender a aprender: Uma abordagem integrada na temática Morfofisiologia do Sistema Circulatório**. Relatório de mestrado, Universidade do Minho, 2012.
- JIMÉNEZ RAYA, M., LAMB, T. & VIEIRA, F. (2007). **Pedagogia para a autonomia na educação em Línguas na Europa. Para um quadro de referência do desenvolvimento do aluno e do professor**. Dublin: Authentik, 2007.
- LUNA, M. Experiencias prácticas en la enseñanza de la biología. In: CAÑAL, P. (Coord.). **Biología y Geología. Investigación, innovación y buenas prácticas**. Barcelona: GRAÓ, 2011, p. 77-99.
- MAGALHÃES, P. & LOURENÇO, S. **Ciência Viva 5. Ciências Naturais, 5.º ano, 2.º Ciclo do Ensino Básico**. Lisboa: Raiz Editora, 2016.
- MARTÍN, E. & MORENO, A. **Competencia para aprender a aprender**. Madrid: Alianza Editorial, 2009.
- MARTÍNEZ LOSADA, C. & GARCÍA BARROS, S. Las actividades de primaria e ESO incluídas en libros escolares. ¿Qué objetivo persiguen? ¿Qué procedimientos enseñan? **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 21, n.º 2, p. 243-264, 2003.
- MARTINS, I. et al. **Explorando interações... Sustentabilidade na Terra: guião didático para professores**. Lisboa: Ministério da Educação, Direção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular, 2010.
- MARTINS, I. et al. **Explorando plantas... Sementes, germinação e crescimento: guião didático para professores**. Lisboa: Ministério da Educação, Direção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular, 2007.
- MARTINS, I. et al. **Explorando... mudanças de estado físico: guião didático para professores**. Lisboa: Ministério da Educação, Direção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular, 2008.
- MOREIRA, J. et al. **Compreender o Ambiente 8 - Parte 1. Ciências Naturais, 8.º ano**. Porto: Areal Editores, 2014.
- MOTTA, L. et al. **Terra à vista! Parte I. Ciências Naturais, 6.º ano**. Porto: Porto Editora, 2017.

- MOTTA, L. et al. **Terra à vista! Parte II. Ciências Naturais, 5.º ano**. Porto: Porto Editora, 2016.
- OLIVEIRA, O. et al. **Ciência & Vida 8, 8.º ano de escolaridade**. Porto: ASA, 2014.
- PEREIRA, A. **Educação para a Ciência**. Lisboa: Universidade Aberta, 2002.
- PEREIRA, C. et al. **Exploratório 8. Ciências Naturais, 8.º ano, 3.º Ciclo do Ensino Básico**. Lisboa: Raiz Editora, 2014.
- PEREIRA, C. et al. **Exploratório 9. Ciências Naturais, 9.º ano, 3.º Ciclo do Ensino Básico**. Lisboa: Raiz Editora, 2015.
- PINHEIRO, C. **As actividades experimentais no desenvolvimento da autonomia do aluno: Um estudo de caso no 1.º ciclo do ensino Básico**. Dissertação de mestrado, Universidade do Minho, 2012.
- PIRES, A. & GONÇALVES, H. **A Grande Aventura. Estudo do Meio, 4.º ano**. Porto: Areal Editores, 2013.
- PORTUGAL. Lei nº 47/2006 de 28 de agosto. **Diário da República**, Assembleia da República. Lisboa, 28 de agosto de 2006. 1ª Série, n.º 165, p. 6213-6218.
- PRO BUENO, A. ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de Ciencias? **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 16, n.º 1, p. 21-41, 1998.
- PRO BUENO, A. Actividades de laboratorio y enseñanza de contenidos procedimentales. In: SEQUEIRA, M. et al. (Orgs.). **Trabalho prático e experimental na educação em Ciências**. Braga: Universidade do Minho, Instituto de Educação, 2000, p. 109-124.
- PRO BUENO, A. Conocimiento científico, ciencia escolar y enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. In: CAÑAL, P. (Coord.). **Didáctica de la Biología y Geología**. Barcelona: GRAÓ, 2011, p. 9-28.
- PUJOL, R. **Didáctica de las ciencias en la educación primaria**. Madrid: Editorial Síntesis, 2007.
- RODRIGUES, A. et al. **Estudo do Meio 4. Estudo do Meio, 4.º ano**. Porto: Areal Editores, 2013.
- SÁ, J. **Renovar as práticas no 1.º ciclo pela via das Ciências da Natureza**. Porto: Porto Editora, 2002.
- SANMARTÍ, N. **Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria**. Editorial Síntesis, 2009.

Recebido em: 04/11/2017

Aprovado em: 05/12/2017