

HPS and Science Teaching

**Ricardo Lopes Coelho, Cláudia Faria,
Bianor Valente, Paulo Maurício**

**History and Philosophy of Science
and Science Teaching Proceedings**

Lisbon 2019



ISBN 978-3-8440-7443-7

Shaker Verlag

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek
 The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche
 Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at
<http://dnb.d-nb.de>.

Copyright Shaker Verlag 2020
 All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a
 retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic,
 mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission
 of the publishers.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-7443-7

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren
 Phone: 0049/2421/99011-0 • Telefax: 0049/2421/99011-9
 Internet: www.shaker.de • e-mail: info@shaker.de

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	5
INTRODUCTION	15
PORQUÊ FALAR EM HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DAS CIÊNCIAS?	
<i>FENG SHUI: PHILOSOPHICAL APPRAISAL AND EDUCATIONAL OPPORTUNITY,</i> Michael Matthews	26
<i>NATUREZA DA CIÊNCIA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES E A PRÁTICA ORIENTADA PARA A PROMOÇÃO DA LITERACIA CIENTÍFICA,</i> Cláudia Faria, Isabel Chagas, Bianor Valente, António Almeida	41
<i>REPENSAR A UTILIZAÇÃO DIDÁTICA DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA EM FUNÇÃO DE ALGUMAS PROBLEMATÍCAS CONTEMPORÂNEAS: ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS,</i> Filomena Amador	62
<i>O CONCEITO DE ENERGIA: METÁFORAS E EXPERIÊNCIAS,</i> Ricardo Lopes Coelho	73
<i>EXEMPLOS DO USO DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA NA SALA DE AULA,</i> Paulo de Faria Borges	88
<i>A OBSERVAÇÃO E A EXPERIÊNCIA COM ANIMAIS: TRANSFORMAÇÕES DO OLHAR SOBRE A SERPENTE DA ANTIGUIDADE AO PERÍODO MODERNO,</i> Giuliana Carrieri, Maria Elice Prestes	99
<i>DO WE NEED HISTORY AND PHILOSOPHY OF SCIENCE IN SCIENCE EDUCATION? AND IF WE DO, WHAT KIND?</i> Igal Galili	116
ANÁLISE CRÍTICA DE MANUAIS ESCOLARES E UNIVERSITÁRIOS	
<i>HISTÓRIA DA CIÊNCIA NOS MANUAIS DE CIÊNCIAS NATURAIS DO 2º CICLO DO ENSINO BÁSICO E FÍSICA E QUÍMICA DO 3º CICLO DO ENSINO BÁSICO,</i> Paulo Maurício, Mónica Baptista, Bianor Valente, Isabel Chagas, Cláudio Faria, Filomena Amador, Edite Bolacha, Ricardo Lopes Coelho	135
<i>O DESAPARECIMENTO DAS REFERÊNCIAS E DAS NOTAS DE RODAPÉ NOS LIVROS-TEXTO DE MECÂNICA PUBLICADOS NO BRASIL,</i> Paulo Celso de Carvalho	161
PROPOSTAS DIDÁTICAS ORIENTADAS PARA O CURRÍCULO PORTUGUÊS	
<i>O APRIMORAMENTO DO MICROSCÓPIO ÓPTICO NO SÉCULO XVII E SEUS DESDOBRAMENTOS CIENTÍFICOS,</i> Abigail Vital, Mary Anne Marques, Priscila do Amaral	171
<i>AS OBSERVAÇÕES DE GALILEU GALILEI,</i> Thiago Peron	181
<i>CONTROVÉRSIAS SOBRE O ESTUDO DAS REAÇÕES QUÍMICAS NO SÉCULO XVIII,</i> Tânia Camel, Cristiano Moura	197
<i>UM EPISÓDIO HISTÓRICO SOBRE OS MODELOS ATÔMICOS PLANETÁRIOS: ERNEST RUTHERFORD E HANTARO NAGAOKA,</i> Cristiano Moura, Tânia Camel	212
<i>GALILEU E A LEI DA INÉRCIA,</i> Thiago Peron	229
<i>A CAMINHO DA FÍSICA QUÂNTICA,</i> Andreia Guerra, Hermann Schiffer, Thiago Peron, Wagner Jardim	240

INTRODUÇÃO

Este volume foi o encontro feliz de dois empreendimentos. Um primeiro, reunindo professores, historiadores e investigadores de Portugal e do Brasil visava a análise da história da ciência presente nos manuais escolares das disciplinas de ciências do 2.º e 3.º Ciclo do Ensino Básico bem como do Ensino Secundário. Um trabalho subsequente que a equipa do Brasil levou a cabo, foi a elaboração de materiais didáticos destinados ao uso em sala de aula pelos professores em Portugal.

Outra linha de trabalho que levou a este livro, foi a promoção e realização de um seminário que teve lugar no Instituto de Educação em Lisboa em maio e junho de 2019. Os seminários revelaram-se espaços de debate em torno da problemática que ocupa os participantes: de que modo a história e filosofia da ciência (HFC) ajuda na compreensão da ciência - dos seus conteúdos e processos - pelos estudantes; como o ensino das ciências com (algum) conhecimento da sua história pode levar os professores a desenvolver atividades didáticas mais ricas e adequadas ao ensino e aprendizagem das ciências; até que ponto a compreensão dos processos científicos à luz da HFC contribui para a compreensão dos conceitos de Lei, Teoria, Observação, Experiência, Facto e suas relações com o conhecimento a ser trabalhado em sala de aula; de que modo a HFC pode ajudar a compreender e enquadrar debates contemporâneos; e como, ou até que ponto, a HFC é em si mesmo um alvo de aprendizagem no processo de ensino e aprendizagem das ciências.

O interesse comum dos autores no uso da HFC na aprendizagem não exclui a diversidade de abordagens e preocupações. O problema da pseudociência e das crenças não justificadas que reivindicam caráter científico é analisado no texto de Michael Matthews da Universidade de Nova Gales do Sul, Austrália, usando o Feng Shui. Esta prática milenar com origem na Ásia e há décadas disseminada pelo mundo é fundamento, por exemplo, da Medicina Tradicional Chinesa. Este texto, que inicia o presente volume, é retomado no último texto da primeira parte, da autoria de Igal Galili, da Hebrew University of Jerusalem, que apresenta um sólido

argumento para o uso da HFC na educação em ciências. A sua construção, disciplina-como-cultura leva a que consideremos os processos pelos quais o conhecimento científico atual dialoga com o conhecimento científico que já não é aceite como válido - pelo menos na sua totalidade. Estes dois textos, apresentados no seu original inglês enquadram várias outras contribuições de autores Portugueses e Brasileiros.

Os propósitos da educação em ciências, como está escrito nos documentos curriculares portugueses, são enquadrados em termos de competências, definidas como uma combinação de conhecimentos, habilidades e atitudes em um determinado contexto (Galvão, Reis, Freire, & Oliveira, 2007). Em 2006, a Comissão Europeia publicou um Quadro de Referência (European Parliament, 2006) com o objetivo de “apoiar o trabalho dos Estados-Membros para garantir que, até o final da educação e formação inicial, os jovens desenvolvam as competências-chave a um nível que as capacite para a vida adulta” (p. 13). Ai são listadas e definidas oito competências-chave que todos os alunos devem dominar no final de sua escolaridade: 1) Comunicação na língua materna; 2) Comunicação em línguas estrangeiras; 3) Competência matemática e competências básicas em ciência e tecnologia; 4) competência digital; 5) Aprender a aprender; 6) Competências sociais e cívicas; 7) Sentido de iniciativa e empreendedorismo; e 8) Consciência e expressão culturais.

De acordo com o Quadro de Referência acima mencionado, “a competência científica refere-se à capacidade e disposição de usar o corpo de conhecimentos e a metodologia empregada para explicar o mundo natural, a fim de identificar perguntas e tirar conclusões baseadas em evidências” (European Parliament, 2006, p. 15). O documento passa a listar os “conhecimentos, capacidades e atitudes essenciais relacionados com essa competência” (idem, ibid.). Em relação ao conhecimento, destacamos “o conhecimento dos princípios e métodos da ciência, bem como o impacto da ciência e da tecnologia no mundo natural” (p. 15). “Essas competências”, continua o documento, “devem permitir que os indivíduos compreendam melhor os avanços, limitações e riscos das teorias científicas” (idem, ibid.)

Em relação às capacidades, os alunos devem “ser capazes de reconhecer os aspetos essenciais da investigação científica e ter a capacidade de comunicar as conclusões e o raciocínio que conduziram a essas conclusões” (idem, ibid.). Em relação às atitudes, espera-se o desenvolvimento de “apreciação crítica e curiosidade, interesse em questões éticas e respeito pela segurança e sustentabilidade” (European Parliament, 2006, p. 15).

Transversal a todas as oito competências, são os seguintes temas: pensamento crítico, criatividade, iniciativa, solução de problemas, avaliação de riscos, tomada de decisão e gestão construtiva de sentimentos.

A Organização para Cooperação e Desenvolvimento Económico, num documento muito recente (OCDE, 2018), acrescentou a necessidade de desenvolver valores para as capacidades, conhecimentos e atitudes

referentes, em particular, ao “respeito pela vida e dignidade humana e pelo meio ambiente” (p. 5). Como o documento aponta em um parágrafo com uma acentuada carga política e filosófica:

As crianças que ingressarem na escola em 2018 necessitam de abandonar a noção de que os recursos são ilimitados e existem para serem explorados; eles precisam de valorizar a prosperidade, sustentabilidade e bem-estar comuns. Eles necessitam de ser responsáveis e empoderados, colocando a colaboração acima da divisão e a sustentabilidade acima dos ganhos a curto prazo. (OECD, 2018)

O currículo de português desenvolvido em torno de competências possui, como vimos, vários casos em que o HFC está presente. Vamos, de modo sintético, salientar algumas declarações parciais do Quadro de Referência produzido pela Comissão Europeia e Parlamento (Parlamento Europeu, 2006), donde provêm em parte os documentos curriculares portugueses (o itálico é nosso):

- [Deve adquirir] *conhecimento dos princípios e métodos da ciência*, bem como o impacto da ciência e da tecnologia no mundo natural;
- Deve permitir que os indivíduos compreendam melhor *os avanços, limitações e riscos das teorias científicas*;
- [Deve] ser capaz de *reconhecer as características essenciais da investigação científica e ter a capacidade de comunicar as conclusões e o raciocínio que as originaram*;
- [Deve assumir uma postura de] *apreciação e curiosidade críticas, interesse pelas questões éticas e respeito pela segurança e pela sustentabilidade*.

Este discurso baseia-se fortemente no conhecimento da natureza da ciência: conhecimento dos métodos da ciência; reconhecimento dos recursos essenciais da investigação científica; reconhecimento dos impactos da ciência e da tecnologia; avanços, limitações e riscos das teorias científicas; interesse em questões éticas; comunicação de resultados e dos respetivos raciocínios.

Como evidências crescentes mostram o benefício do uso da História e da Filosofia da Ciência (Allchin, 2013; Matthews, 2014), a conexão com os documentos curriculares portugueses é direta, pois a HFC dá vida aos princípios e métodos da ciência e seu impacto na sociedade, mostra como as teorias científicas são construídas, evoluem e são superadas, põe em evidência a necessidade de comunicar os resultados e as várias formas que essa comunicação pode assumir, mostra como as questões éticas foram colocadas e resolvidas em diversos contextos.

A contribuição de Michael Matthews, da Universidade de Nova Gales do Sul, Sidney, centra-se na avaliação do feng shui, que o caracteriza como pseudociência, e como a abordagem das práticas centradas no feng shui, como a medicina tradicional chinesa ou arquitetura, são ignoradas na educação em ciências. Tendo dedicado vários anos ao estudo do feng shui, este texto é uma síntese do livro recentemente publicado, *Feng Shui: Teaching About Science and Pseudoscience*. Como é salientado pelo autor, “Há uma surpreendente assimetria entre a presença, disseminação e impacto do feng shui e a sua avaliação filosófica, sendo esta quase ausente”. Além disso, continua Michael Matthews, “quase não há discussão sobre as oportunidades e responsabilidades educacionais oferecidas pelo feng shui aos professores de ciências” sendo este texto uma contribuição para essa lacuna na literatura filosófica e educacional.

Claudia Faria, Isabel Chagas, Bianor Valente e António Almeida no texto intitulado “Natureza da ciência na formação inicial de professores e a prática orientada para a promoção da literacia científica” abordam a importância da natureza da ciência, em geral, e da história da Ciência, em particular, na formação inicial de professores. Fazem-no através da apresentação e discussão de dois casos concretos: um no curso de formação de professores de ciências do 3º ciclo do ensino básico e do ensino secundário; e outro no curso de formação de professores de ciências do 1º e do 2º ciclo do ensino básico. Em ambos os casos, verifica-se que as práticas desenvolvidas se inserem no ensino explícito da natureza da ciência, desenvolvendo estratégias que assentam na análise e discussão de episódios históricos considerados relevantes, e na criação de situações de aprendizagem correspondentes a práticas científicas de investigação. Da análise apresentada, verifica-se que a história da ciência se assume como uma das principais estratégias promotoras de uma maior compreensão acerca da própria ciência, podendo assumir uma função integrativa. Através da reflexão apresentada, pretendem contribuir para a discussão sobre como se organiza e promove a compreensão da natureza da ciência e a prática orientada para a promoção da literacia científica na formação de professores de ciências.

Filomena Amador, em “Repensar a Utilização Didática da História da Ciência em Função de Algumas Problemáticas Contemporâneas: Alterações Climáticas” enfatiza que diversas tradições científicas têm abordagens temporais aos fenómenos naturais não coincidentes e que este facto pode levar, com as mesmas evidências a entendimentos diferentes e, em certos aspetos, divergentes. Procurando separar o trigo do joio, a ciência da pseudociência, o enfoque do texto é como a HC pode levar a uma compreensão das controvérsias científicas hodiernas. Como a autora salienta:

Neste texto recolhemos exemplos de muitas outras situações que no passado geraram ruturas estereis e perspetivamos o modo como no presente e num futuro que desejamos próximo se venham a olhar e a ensinar as controvérsias atuais. A História da Ciência pode contribuir para uma visão temporal e à escala humana, que nos permita matizar muitos dos discursos radicais que a tradição francófona designa por *collapsologie*, sem contudo, se deixar de valorizar a necessidade do ser humano estabelecer com a natureza um outro tipo de relações.

Ricardo Lopes Coelho no texto “O conceito de energia: metáforas e experiências” trata um artigo do *American Journal of Physics* (Harrer, 2017), segundo o qual não somos capazes de expressar o conceito de energia senão metaforicamente. Esta tese está baseada num estudo histórico do conceito de energia usado pelos físicos desde inícios do séc. XIX. O argumento de Harrer é criticado por não ter tido em conta as experiências que justificaram a teoria da energia. Considerando algumas destas experiências, Coelho mostra que Mayer e Joule, tidos como descobridores da energia, descobriram o que eles próprios chamaram o equivalente mecânico do calor. O autor defende, que tomar o ‘equivalente mecânico do calor’ como consequência duma entidade que muda de forma e se mantém em quantidade, pertence ao domínio da interpretação. O autor conclui que distinguindo entre o que provém da experiência e o que é interpretação da experiência, a expressão metafórica da energia não é mais necessária. Consequências para o ensino são tratadas na parte final do texto.

Com o texto “Exemplos do uso de História da Ciência na sala de aula”, Paulo de Faria Borges apresenta um conjunto de seis exemplos de estratégias didáticas em sala de aula que procuram responder ao problema: que estratégia usar para que o livro didático de ciência contribua para uma mudança conceitual no estudante, recorrendo à História e Filosofia da Ciência, equipamento experimental, tecnologias de informação e de comunicação e recursos gráficos. Fundando a sua abordagem teórica nos trabalhos de Gaston Bachelard e Nancy Nersessian, o autor trabalha a importância da História da Ciência como fonte de situações análogas aos problemas colocados aos estudantes. Quando a interseção entre o problema análogo e o problema que o estudante quer resolver deixa de existir, então apenas a criatividade do estudante pode permitir avançar na resolução do problema. Ou, como refere Paulo Borges:

A partir de algum ponto, a analogia inicial não funciona. Não há mais pontos de interseção entre as circunstâncias e é preciso ultrapassar esta limitação. Neste ponto é que a inovação conceitual ocorre, é neste ponto que o indivíduo precisa abandonar conceitos que não mais são uteis e propor uma forma nova de ver o problema. Neste momento a mudança conceitual deve

ocorrer. Para o indivíduo que está no processo de substituir suas concepções espontâneas por aquelas científicas acontece a aprendizagem, para aquele que está no processo de descoberta científica ocorre inovação conceitual. É a esta inovação conceitual que chamamos criatividade.

Giuliana Carrieri e Maria Elice Prestes em "A observação e a experiência com animais: transformações do olhar sobre a serpente da Antiguidade ao período Moderno" numa perspectiva da história de *longue durée* apresentam um estudo de caso sobre a relação entre a observação, a experiência e a experimentação. Em concreto as autoras desenvolvem "um estudo comparativo de descrições de serpentes em autores e obras que exemplificam distintas epistemologias da observação dos animais desde a Antiguidade Clássica ao período moderno." Esta abordagem permite uma clarificação do denominado "mito do método científico". Além do mais, como referem, os exemplos apresentados e discutidos no texto:

podem fornecer subsídios para que o ensino de biologia possa ser enriquecido com discussões explícitas, históricas, contextualizadas, dos métodos empregados no passado e no presente, favorecendo a construção de uma concepção fundamentada da ciência entre os estudantes.

Em "Do we need history and philosophy of science in science education? And if we do, what kind?", o texto que fecha a primeira parte deste volume, Igal Galili, discute o uso da HFC na educação em ciência através do quadro teórico que tem vindo a desenvolver desde há vários anos, a disciplina-cultura (*discipline-culture*). Não descartando o uso da HFC em sala de aula no âmbito de estratégias de ressonância cognitiva (que o autor prefere ao termo dissonância cognitiva), Galili salienta que a disciplina-cultura "parte do reconhecimento da característica essencial da ciência, sua natureza dialógica", ou seja, "a construção do conhecimento objetivo num tipo especial de discurso coletivo, sincrónico e diacrónico". A HFC, argumenta o autor, "possui um benefício duplo, pedagógico e concetual". De facto, a "natureza dialógica e disciplinar-cultural do conhecimento científico reflete a natureza fundamental da cognição humana" e, por esse motivo, é mais apropriado apresentar o conteúdo científico como um diálogo de ideias resolvidas em favor de certas teorias e sua área de validade.

O trabalho desenvolvido por Paulo Maurício *et al.*, que analisa a presença da HC em manuais recentes, mostra-nos uma quase ausência de referências a características pessoais dos cientistas e uma sobrevalorização do trabalho individual. Por outro lado, as referências biográficas dos cientistas são, regra geral, extremamente sintéticas. Este conjunto de fatores, entre outros que são discutidos, levam a que a informação histórica sofra uma distorção suscetível de empobrecer o ensino e aprendizagem

de ciência e sobre ciência.

Paulo de Carvalho procura, no seu texto "O Desaparecimento das Referências e das Notas de Rodapé nos Livros-Texto de Mecânica Publicados no Brasil" colocar em evidência uma das muitas mudanças pelas quais têm passado os manuais de Mecânica adotados nas escolas de engenharia no Brasil: o desaparecimento das referências e das notas de rodapé. Nesta análise, é feito o resgate do primeiro livro de Resistência dos Materiais publicado no Brasil, em 1887, por Paul Ferrand, professor da Escola de Minas de Ouro Preto, o qual é comparado com o livro "Resistência dos Materiais", de R. C. Hibbeler, atualmente adotado em muitas escolas de engenharia do Brasil. Para complementar o estudo, o autor compara a 5ª edição, de 1991, e a 9ª edição, de 2012, do livro "Mecânica Vetorial para Engenheiros" de Beer-Johnston. O autor conclui, que o desaparecimento de citações, referências, e notas de rodapé levam a perda de informação relevante, tornando os manuais meras repetições de outras obras. Além disso, perde-se, como afirma o autor, o encadeamento histórico dos conhecimentos.

Como proposta didática para o 5.º ano do 2.º CEB, o trabalho de Abigail Vital, Mary Anne Marques e Priscila do Amaral, intitulado "O aprimoramento do microscópio ótico no século XVII e seus desdobramentos científicos", procura dar ao professor uma panorâmica do contexto histórico da Holanda e Inglaterra no século XVII, assim como dos primórdios da microscopia. Os contributos de Robert Hooke e de Antony van Leeuwenhoek são abordados no quadro das preocupações científicas destes, e do enquadramento cultural da época em que viveram.

Thiago Peron, no contributo que desenvolveu para o 7.º ano de escolaridade contextualiza e usa as observações lunares de Galileu no fim da primeira década do século XVII como estratégia para o desenvolvimento de materiais de ensino e aprendizagem. Utilizando software livre e representações retiradas de fontes primárias, os alunos podem confrontar observações do mesmo fenómeno feitas por diversos filósofos naturais (cientistas) e construir explicações baseadas em evidências para as diferentes representações e observações. Em particular, é discutida a representação da superfície da Lua por Thomas Harriot realizada poucos meses antes das observações de Galileu.

Por seu lado, a proposta desenvolvida pelo mesmo autor para o 11.º ano, intitulada "Galileu e a Lei da Inércia", baseia-se na exploração de um excerto da obra de Galileu "Diálogos Sobre os dois Máximos Sistemas do Mundo" onde são discutidos contributos de Galileu para a Lei da Inércia e a sua relação com o pensamento aristotélico.

A abordagem de Tânia Camel e Cristiano Moura no contributo para o 8.º ano do 3º CEB, domínio "Reações Químicas", subdomínio "Explicação e representação das reações químicas" assenta no conceito de "prática científica". Como os autores referem:

A interpretação historiográfica da ideia de prática científica inclui performances relacionadas ao laboratório, práticas de comunicação e outras interações sociais entre cientistas e não cientistas, constituindo redes extensas de análise dessas práticas. Diversas performances como ler, escrever trabalhos, coordenar grupos de pesquisa, engajar-se em debates públicos também fazem parte do fazer científico, embora não exclusivamente dele. Como ideia central das práticas científicas está o fato de estas serem locais e temporais.

Defendendo a premissa de que na ciência não há derrotados nem vencedores, Tânia Camel e Cristiano Moura enfatizam a construção da ciência como resultado de disputas entre várias propostas desenvolvidas em contextos específicos. Vários atores participam deste diálogo e o antagonismo é apenas parcial. Assim, os autores discutem Priestley e Lavoisier nos seus contextos, práticas, redes e interesses específicos, apresentando um olhar mais realista sobre a "Revolução Química". Como proposta didática os autores apresentam um texto, sugerindo vários modos de apropriação em sala de aula pelo professor.

Os mesmos autores, Cristiano Moura e Tânia Camel que elaboraram a contribuição para o 8.º ano, apresentam em "Um episódio histórico sobre os modelos atômicos planetários: Ernest Rutherford e Hantaro Nagaoka", a sua contribuição para o 9.º ano. Adotando um estudo de caso histórico, visam sustentar um debate sobre o que é o empreendimento científico e como ele se constrói. O episódio centra-se no caso de dois modelos atômicos planetários, o de Ernest Rutherford e o de Hantaro Nagaoka, produzidos na viragem do século XIX para o século XX, bem como todo o contexto que permeou essa produção científica. O estudo de caso ilumina a centralidade do Laboratório Cavendish e da Inglaterra, assim como das sociedades científicas neste episódio; o envolvimento de um largo número de atores (implicados no desenvolvimento de ideias, instrumentos ou experiências relacionadas com os modelos atômicos, radioatividade e ideias afins) e salienta a relevância do que alguns autores denominam o "espírito da época", espelhado nos movimentos artísticos, tecnológicos e culturais, onde, aliás, a ciência se insere. A proposta didática elaborada pelos autores centra-se na visita a museus, elaboração de cartazes e discussão de textos.

Andreia Guerra, Hermann Schiffer, Thiago Peron, e Wagner Jardim concluem esta série de contributos com uma abordagem aos fenómenos quânticos, seus desenvolvimento e enquadramento científico e cultural. Trabalhando no quadro do eletromagnetismo como J. C. Maxwell o desenvolveu, mas também da termodinâmica, o estudo teórico e experimental da radiação emitida e absorvida por corpos aquecidos foi central para a primeira síntese realizada por Planck. Os autores prosseguem discutindo a conceito crucial de descontinuidade introduzido neste processo e como ele é apresentado em outros campos científicos

e práticas artísticas desenvolvidos na época. A explicação do efeito fotoelétrico por Einstein culmina o estudo dos autores. Como escrevem:

Apesar da diferença de idade entre Planck e Einstein, podemos dizer que os dois compartilharam um mesmo contexto científico e cultural. Isso não implica em dizer que seus trabalhos foram idênticos e que um influenciou o outro. Mas o fato de estarem nesse mesmo contexto fez com que os dois compartilhassem práticas científicas e conhecimentos científicos da época. Os trabalhos deles no campo da radiação do corpo negro e do efeito fotoelétrico mesmo guardando diferenças podem ser considerados como trabalhos que trouxeram indagações, que impulsionaram estudos que levaram ao que hoje denominamos de Física Quântica.

O texto acaba com a apresentação de três atividades que, como propostas didáticas se fundamentam na apresentação histórica.

Referências

- Allchin, D. (2013). *Teaching the Nature of Science: Perspectives & Resources*. SHiPS Education Press.
- European Parliament. (2006). *Recommendation of the European Parliament and Council on key competences for lifelong learning. Official Journal of the European Union*. Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006H0962&from=EN>
- Galvão, C., Reis, P., Freire, A., & Olivera, T. (2007). Science Curriculum in Portugal: From the development to the evaluation of student's competences. In D. Waddington, P. Nentwig, & S. Schanze (Eds.), *Making it comparable. Standards in Science Education* (pp. 237–253). Waxmann Verlag.
- Matthews, M. R. (2014). Introduction: The History, Purpose and Content of the Springer International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching. In Michael R. Matthews (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 1–15). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8>
- Matthews, M. R. (2015). *Science Teaching: The Contribution of the History and Philosophy of Science*. Routledge.
- OECD. (2018). *The Future of Education and Skills: Education 2030*. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1827.2012.02814.x>

Os Editores

INTRODUCTION

This volume was the fortunate encounter of two enterprises. A first one, bringing together professors, historians and researchers from Portugal and Brazil aimed at analyzing the history of science present in textbooks of science for the 2nd and 3rd Cycle of Basic Education (11 to 15 years old) as well the ones for Secondary Education. A subsequent work that the team from Brazil carried out was the elaboration of didactic materials intended for use in the classroom by teachers in Portugal.

Another line of work that led to this volume was the promotion and holding of a seminar that took place at the Institute of Education in Lisbon in May and June 2019. The seminars proved to be spaces for debate around the problems that occupy the participants: how the history and philosophy of science (HPS) helps students understand science - its contents and processes ; how teaching science with (some) knowledge of its history can lead teachers to develop didactic activities that are richer and more appropriate to science teaching and learning; the extent to which the understanding of scientific processes in the light of HPS contributes to the understanding of the concepts of Law, Theory, Observation, Experience, Fact and its relationship with the knowledge to be worked on in the classroom; how HPS can help understand and frame contemporary debates and controversies; and how, or to what extent, HPS, due to its cultural relevance is itself a learning target in the science teaching and learning.

The authors' common interest in the use of HPS in teaching and learning does not exclude the diversity of approaches and concerns. The problem of pseudoscience and unjustified beliefs that claim scientific character is analyzed in the text by Michael Matthews of the University of New South Wales, Australia, using Feng Shui. This ancient practice that originated in Asia and has spread throughout the world for decades is the foundation, for example, of Traditional Chinese Medicine. This text, which begins the present volume, is resumed in the last text of the first section of this volume by Igal Galili from the Hebrew University of Jerusalem, who

presents a solid argument for the use of HPS in science education. His construction of discipline-culture leads us to consider the processes by which current scientific knowledge dialogues with scientific knowledge that is no longer accepted as valid - at least in its entirety. These two texts, presented in their original English, frame several other contributions by Portuguese and Brazilian authors.

The purposes of education in science as it is written in Portuguese curricular documents are framed in terms of competences, defined as a combination of knowledge, skills, and attitudes in a given context (Galvão, Reis, Freire, & Olivera, 2007). In 2006, the European Commission has published a Reference Framework (European Parliament, 2006) intended to "support Member States' work in ensuring that by the end of initial education and training young people have developed the key competences to a level that equips them for adult life" (p. 13). In there, are listed and defined eight key competences that all learners should master by the end of their schooling: 1) Communication in the mother tongue; 2) Communication in foreign languages; 3) Mathematical competence and basic competences in science and technology; 4) Digital competence; 5) Learning to learn; 6) Social and civic competences; 7) Sense of initiative and entrepreneurship, and 8) Cultural awareness and expression.

According to the above mentioned Reference Framework, the "competence in science refers to the ability and willingness to use the body of knowledge and methodology employed to explain the natural world, in order to identify questions and to draw evidence-based conclusions" (European Parliament, 2006, p. 15). The document then proceeds to list the "essential knowledge, skills and attitudes related to this competence" (idem, *ibid.*). Related to the knowledge we highlight "the knowledge of the principle and methods of science as well as the impact of science and technology in the natural world" (p. 15). "These competences", continue the document, "should enable individuals to better understand the advances, limitations, and risks of scientific theories" (idem, *ibid.*).

Related to the skills, students should "be able to recognize the essential features of scientific inquiry and have the ability to communicate the conclusions and reasoning that led to them." (idem, *ibid.*) Concerning attitudes, are expected the development of "critical appreciation and curiosity, an interest in ethical issues and respect for both safety and sustainability" (idem, *ibid.*).

Transversal to all eight competences, are the following themes: critical thinking, creativity, initiative, problem-solving, risk assessment, decision making, and constructive management of feelings.

The Organization for Economic Cooperation and Development in a very recent document (OECD, 2018) added the need to develop values to the skills, knowledge, and attitudes referring, in particular, the "respect for life and human dignity, and respect for the environment" (p.5). As the

document points in a paragraph with a heavy philosophical and political charge:

Children entering school in 2018 will need to abandon the notion that resources are limitless and are there to be exploited; they will need to value common prosperity, sustainability, and well-being. They will need to be responsible and empowered, placing collaboration above division, and sustainability above short-term gain. (OECD, 2018)

The Portuguese curriculum developed around the competences' framework has, as we just saw, several instances in which History and Philosophy Science (HPS) are present. Below we just restate some partial statements from the Reference Framework produced by the European Commission and Parliament (European Parliament, 2006) upon which the Portuguese curricular documents partially comes from (*italic are ours*). Students:

- [Should acquire] the knowledge of the *principle and methods of science as well as the impact of science and technology in natural world*;
- Should enable individuals to better understand the *advances, limitations and risks of scientific theories*;
- [Should] be able to *recognize the essential features of scientific inquiry and have the ability to communicate the conclusions and reasoning that led to them*;
- [should carry an attitude of] *critical appreciation and curiosity, an interest in ethical issues and respect for both safety and sustainability*

This discourse relies heavily on the knowledge of the Nature of Science: knowledge of the methods of science; recognition of the essential features of scientific inquiry; knowledge of the impacts of science and technology as well as the advances, limitations and risks of scientific theories; interest and recognition of ethical issues; communication of both the results and the reasoning that led to them.

As mounting evidence shows the benefit of the use of HPS (Allchin, 2013; Matthews, 2014, 2015) the connection with the Portuguese curricular documents is straightforward, for it brings to live the principles and methods of science and its impact in the society, shows how scientific theories are built, evolve and are surpassed, evince the need to communicate the results and the various forms it can be done, displays how ethical issues were posed and solved in diverse contexts.

Michael Matthews' contribution, from the University of New South Wales, Sydney, focuses on the assessment of feng shui, which is characterized as pseudoscience, and how the approaches to practices centered on feng shui, such as the Traditional Chinese Medicine or some architecture, are ignored in science education. Having devoted several years to the study of

feng shui, his text is, in a way, a synthesis of the recently published book, 'Feng Shui: Teaching About Science and Pseudoscience' (Matthews, 2019). As the author points out, "There is a surprising asymmetry between the presence, dissemination, and impact of feng shui and its philosophical appraisal, which is almost absent". Also, continues Michael Matthews, "there is almost no discussion of the educational opportunities and responsibilities offered by feng shui to science teachers" and this text is a contribution to close this gap in the philosophical and educational literature.

Claudia Faria, Isabel Chagas, Bianor Valente and António Almeida in the text "Nature of science in initial teacher education and the practice directed towards the promotion of scientific literacy" address the importance of the nature of science, in general, and the history of science, in particular, in preservice teacher training. They do so by presenting and discussing two concrete cases: one in the training course for science teachers to the 3rd cycle of basic and secondary education, and another in the training course for science teachers to the 1st and 2nd cycle of basic education. In both cases, become evident that the developed practices are in line to the explicit teaching of the nature of science, thru the development of strategies based on the analysis and discussion of historical episodes considered relevant, and on the creation of learning situations in accordance to scientific research practices. From the authors' analysis, it can be observed that the history of science is assumed as one of the main strategies for the promotion of a greater understanding of science, being able to assume an integrative role. Through the authors' reflection, they intend to contribute to the discussion on how to organize and promote an understanding of the nature of science as well as the practice aimed at promoting scientific literacy in science teacher education.

Filomena Amador, in "Rethink the Didactic use of the History of Science according to Some Contemporary Issues: Climate Change" emphasizes that different scientific traditions have different temporal approaches to the study of natural phenomena and that this fact can lead, with the same evidence to different and even divergent understandings. Seeking to separate the wheat from the chaff, the science from pseudoscience, the focus of the text is how HS can lead to an understanding of today's scientific controversies. As the author points out:

In this text, we collect examples of many other situations that in the past have generated sterile ruptures and we look at how in the present as well as in a foreseeable future the current controversies would look like and come to be teachable. The History of Science can contribute to a temporal and human-scale vision, which allows us to nuance many of the radical discourses that the French-speaking tradition calls *collapsologie*, without, however, failing to appreciate the need for human beings to establish another type of

relationships with nature.

Ricardo Lopes Coelho in the text "The concept of energy: metaphors and experiences" deals with an article in the American Journal of Physics (Harrer 2017), according to which we are not able to express the concept of energy except metaphorically. This thesis is based on a historical study of the concept of energy used by physicists since the beginning of the nineteenth century. Harrer's argument is criticized for did not take into account the experiments that justified the theory of energy. Considering some of these experiments, Coelho shows that Mayer and Joule, considered to be discoverers of the energy, discovered what they called themselves the mechanical equivalent of heat. The author argues that taking the 'mechanical equivalent of heat' as a consequence of an entity that changes in form and remains in quantity, belongs to the domain of interpretation. The author concludes that by distinguishing between what comes from experience and what is the interpretation of experience, the metaphorical expression of energy is no longer necessary. Consequences for teaching are dealt with at the end of the text.

In "Examples of the use of History of Science in the classroom", Paulo de Faria Borges presents a set of six examples of didactic strategies in the classroom that seek to answer the problem: what strategy to use in order the science textbook contribute to a conceptual change in the student, using the History and Philosophy of Science, experimental equipment, information and communication technologies, and graphic resources. Founding his theoretical approach in the works of Gaston Bachelard and Nancy Nersessian, the author works on the importance of the History of Science as a source of situations analogous to the problems posed to students. When the intersection between the analogous problem and the problem that the student wants to solve ceases to exist, then only the student's creativity can permit progress in solving the problem. Or, as Paulo Borges says:

At some point, the initial analogy does not work. There are no more points of intersection between circumstances and this limitation needs to be overcome. It is at this point that conceptual innovation occurs, it is at this point that the individual needs to abandon concepts that are no longer useful and propose a new way of looking at the problem. At this point, the conceptual change must take place. For the individual who is in the process of replacing his spontaneous conceptions with scientific ones, learning happens, for those who are in the process of scientific discovery, conceptual innovation occurs. It is this conceptual innovation that we call creativity.

Giuliana Carrieri and Maria Elice Prestes in "Observation and experience with animals: transformations of the perspective on the serpent from

Antiquity to the Modern period" in a historical perspective of *longue durée* present a case study on the relationship between observation, experience, and experimentation. In particular, the authors develop "a comparative study of descriptions of snakes in authors and works that exemplify different epistemologies of animal observation from Classical Antiquity to the modern period." This approach allows a clarification of the so-called "myth of the scientific method". Furthermore, as the authors wrote, the examples presented and discussed in the text:

can provide assistance so that the teaching of biology can be enriched with explicit, historical, contextualized discussions of the methods used in the past and in the present, favoring the construction of a substantiated conception of science among students.

In "Do we need history and philosophy of science in science education? And if we do, what kind?" - the text that closes the first part of this volume - Igal Galili, discusses the use of HPS in science education, thru the theoretical framework he has developed for several years, the discipline-culture. Not ruling out the use of HPS in the classroom in the context of cognitive resonance strategies (which the author prefers to the term cognitive dissonance), Galili emphasizes that the discipline-culture "starts from the recognition of the essential characteristic of science, its dialogical nature", That is, "the construction of objective knowledge in a special type of collective, synchronic and diachronic discourse". HPS, argues the author, "has a dual, pedagogical and conceptual benefit". In fact, the "dialogical and disciplinary-cultural nature of scientific knowledge reflects the fundamental nature of human cognition" and, for this reason, it is more appropriate to present scientific content as a dialogue of resolved ideas in favor of certain theories and their area of validity.

The work developed by Paulo Maurício et al., which analyzes the presence of HS in recent textbooks, shows us an almost absence of references to personal characteristics of scientists and an overvaluation of individual work. On the other hand, scientists' biographical references are, as a general rule, extremely synthetic. This set of factors, among others that are discussed, leads to the distortion of historical information that could impoverish the teaching and learning of science and about science.

Paulo de Carvalho seeks, in his text "The Disappearance of References and Footnotes in Mechanics Textbooks Published in Brazil" to highlight one of the many changes that the mechanics' manuals adopted in engineering schools in Brazil have undergone: the disappearance of references and footnotes. In this analysis, the first book on the Resistance of Materials published in Brazil, in 1887, by Paul Ferrand, professor at the Escola de Minas de Ouro Preto, is contrasted with the book "Resistance of Materials" (*Resistência dos Materiais*) by RC Hibbeler, currently adopted in

many engineering schools in Brazil. To complement the study, the author compares the 5th edition, from 1991, and the 9th edition, from 2012, of the book "Vector Mechanics for Engineers" (*Mecânica Vetorial para Engenheiros*) by Beer-Johnston. The author concludes that the disappearance of citations, references, and footnotes leads to the loss of relevant information, making the manuals just repetitions of other works. Furthermore, as the author states, is lost the historical chain of knowledge.

As a didactic proposal for the 5th year of the 2nd Cycle of basic education, the work of Abigail Vital, Mary Anne Marques and Priscila do Amaral "The improvement of the optical microscope in the 17th century and its scientific developments", seeks to give the teacher an overview of the historical context of Holland and England in the 17th century, as well as from the beginning of microscopy. The contributions of Robert Hooke and Antony van Leeuwenhoek are addressed in the context of their scientific concerns but also in the context of the cultural background of the time in which they lived.

Thiago Peron, in his contribution to the 7th year of schooling, contextualizes and uses Galileo's lunar observations at the end of the first decade of the 17th century as a strategy for the development of teaching and learning materials. Using free software and representations from primary sources, students can confront observations of the same phenomenon made by different natural philosophers (scientists) and build evidence-based explanations for the different representations and observations. In particular, are discussed Thomas Harriot's representation of the surface of the Moon made a few months before Galileo's observations.

For its part, the proposal developed by the same author for the 11th year, entitled "Galileo and the Law of Inertia", is based on the exploration of an excerpt from Galileo's "Dialogues on the two chief Systems of the World" where are discussed Galileo's contributions to the Law of Inertia and its relationship with the Aristotelian thought.

The approach of Tânia Camel and Cristiano Moura in the contribution to the 8th year of the 3rd Cycle of basic education to the domain of "Chemical Reactions", subdomain "Explanation and representation of chemical reactions" is based on the concept of "scientific practice". As the authors write:

The historiographical interpretation of the idea of scientific practice includes performances related to the laboratory, communication practices and other social interactions between scientists and non-scientists, constituting extensive networks of analysis of these practices. Various performances such as reading, writing works, coordinating research groups, engaging in public debates are also part of scientific work, although not exclusively. The central idea of scientific practices is the fact that they are local and temporal.

Defending the premise that in science there are no losers and winners, Tânia Camel and Cristiano Moura emphasize the construction of science as a result of disputes between various proposals developed in specific contexts. Several actors participate in this dialogue and the antagonism is only partial. Thus, the authors discuss Priestley and Lavoisier in their specific contexts, practices, networks, and interests, presenting a more realistic outlook of the "Chemical Revolution". As a didactic proposal, the authors present a text, suggesting various ways in which it can be appropriated in the classroom by the teacher.

The same authors, Cristiano Moura and Tânia Camel, who elaborated the contribution for the 8th year, display in "A historical episode about the planetary atomic models: Ernest Rutherford and Hantaro Nagaoka", their contribution for the 9th grade. Adopting a historical case study, they aim to sustain a debate about what the scientific enterprise is and how it is built. The episode focuses on the case of two planetary atomic models, that of Ernest Rutherford and the one of Hantaro Nagaoka, produced at the turn of the 19th to the 20th century, as well as the entire context that permeated this scientific production. The case study highlights the centrality of the Cavendish Laboratory, England, as well as the scientific societies; the involvement of a large number of actors (involved in the development of ideas, instruments or experiences related to atomic models, radioactivity and related ideas) and stresses the relevance of what some authors call the "spirit of the time", mirrored in the artistic movements, technological and cultural, where science took place. The didactic proposal developed by the authors focuses on visiting museums, preparing posters and discussion of text.

Andreia Guerra, Hermann Schiffer, Thiago Peron, and Wagner Jardim conclude this series of contributions with an approach to quantum phenomena, their development, and scientific and cultural background. Working in the framework of electromagnetism as J. C. Maxwell developed it, but also in thermodynamics, the theoretical and experimental study of radiation emitted and absorbed by heated bodies was central to Planck's first synthesis. The authors proceed by to discussing the crucial concept of discontinuity introduced in this process and how it is presented in other scientific fields and artistic practices developed at the time. Einstein's explanation of the photoelectric effect culminates the authors' study. As they write:

Despite the age difference between Planck and Einstein, we can say that the two shared the same scientific and cultural context. This does not imply that their works were identical and that one influenced the other. But the fact that they are in the same context meant that the two shared the scientific practices and the scientific knowledge of the time. Their work in the field of blackbody radiation and the photoelectric effect, even taken in account

the differences, can be considered as works that brought questions, which boosted studies that led to what we now call Quantum Physics.

The chapter ends with the presentation of three activities that, as didactic proposals are based on the historical presentation.

References

- Allchin, D. (2013). *Teaching the Nature of Science: Perspectives & Resources*. SHiPS Education Press.
- European Parliament. (2006). *Recommendation of the European Parliament and Council on key competences for lifelong learning. Official Journal of the European Union*. Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006H0962&from=EN>
- Galvão, C., Reis, P., Freire, A., & Olivera, T. (2007). Science Curriculum in Portugal: From the development to the evaluation of student's competences. In D. Waddington, P. Nentwig, & S. Schanze (Eds.), *Making it comparable. Standards in Science Education* (pp. 237–253). Waxmann Verlag.
- Matthews, M. R. (2014). Introduction: The History, Purpose and Content of the Springer International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching. In Michael R. Matthews (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 1–15). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8>
- Matthews, M. R. (2015). *Science Teaching: The Contribution of the History and Philosophy of Science*. Routledge.
- OECD. (2018). *The Future of Education and Skills: Education 2030*. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1827.2012.02814.x>

The Editors

PORQUÊ FALAR EM HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DAS CIÊNCIAS?