

A Questão Como Centro do Processo Educativo: Uma Proposta Inspirada na História e Filosofia da Ciência

André Barcellos
Cássio Laranjeiras
Guilherme Wilhelms

Resumo

A tendência atual pelo apostilamento na educação brasileira evidencia um forte compromisso do ensino de física com a transmissão eficiente de seus conteúdos. Trata-se não apenas de um conhecimento pouco ou nada contextualizado, mas sobretudo de um conhecimento inócuo. A partir da leitura de Bachelard em “A Formação do Espírito Científico”, nossa perspectiva é a de que a centralidade da questão como elemento capaz de conferir sentido ao empreendimento científico deve, obrigatoriamente, ser considerada central no contexto da física escolar. Nosso trabalho realiza uma breve incursão nos diálogos travados ao longo das últimas décadas acerca do valor educativo da história e filosofia da ciência. Ao fazer isso, fomos capazes de nos posicionar em relação à tradição de pesquisa na área e, finalmente, propor, a partir deste lugar que se afasta de um ensino utilitarista, uma abordagem de ensino capaz de fazer presente em sala de aula um ensino de ciências autêntico. Tal proposta possui certas características como o crescente nível de complexidade das questões trabalhadas à medida que respostas são obtidas e a possibilidade de estabelecer diálogos entre experiências comuns aos(as) estudantes e os desenvolvimentos científicos históricos. Há desafios importantes a serem superados para a efetivação da proposição, entretanto. A exigência de se conhecer com alguma profundidade alguns dos meandros e nuances histórico-filosóficas sobre os temas que se deseja ensinar, constitui obstáculo importante, por exemplo. Este trabalho, ao fim e ao cabo, visa inspirar novas propostas educacionais coalescentes a nossa. Além disso, orientar e estimular estudantes universitários e pesquisadores(as) em suas investigações sobre o valor educativo da história e filosofia da ciência.

Palavras-chave: História e Filosofia da Ciência; Ensino centrado em questões; Ensino de Física;

Abstract

The current trend towards the use of textbooks in Brazilian education highlights a strong commitment in physics teaching to the efficient transmission of its content. This involves not just knowledge that is poorly or not at all contextualized, but, above all, knowledge that is innocuous. Based on the reading of Bachelard, our perspective is that the centrality of questioning as an element capable of giving meaning to scientific endeavors must necessarily be considered central in the context of physics teaching. Our work makes a brief foray into the dialogues that have taken place over the past few decades regarding the educational value of the history and philosophy of science. By doing this, we were able to position ourselves in relation to the research tradition in the area and finally propose, from this standpoint that moves away from utilitarian teaching, a teaching approach capable of bringing authentic science education into the classroom. This proposal has certain characteristics, such as the increasing level of complexity of the questions addressed as answers are obtained and the possibility of establishing dialogues between common experiences of students and historical scientific developments. However, there are significant challenges to be overcome for the implementation of the proposal. The requirement to have some depth of knowledge regarding the historical and philosophical intricacies and nuances of the topics one wishes to teach constitutes an important obstacle, for example. Ultimately, this work aims to inspire new educational proposals that coalesce with ours. In addition, it seeks to guide and stimulate university students and researchers in their investigations into the educational value of the history and philosophy of science.

Keywords: History and Philosophy of Science; Question-centered teaching; Teaching Physics

CONTEXTO

A tendência atual pelo apostilamento nas redes de ensino brasileiras revela uma característica quase sempre presente ao longo da história da física escolar.^{1,2,3,4,5,6,7} Referimo-nos a um ensino fortemente comprometido com a transmissão eficiente de seus conteúdos^{8,9} As apostilas e alguns livros didáticos amplamente utilizados em nossas escolas são evidências dessa perspectiva de trabalho. Assemelham-se a catálogos que contém uma extensa lista de respostas para nenhuma questão previamente e explicitamente formulada. Trata-se não apenas de um conhecimento pouco ou nada contextualizado, mas sobretudo de um conhecimento inócuo. Estamos certo de que não é particularmente desafiador escutar de nossos(as) estudantes, como diversas vezes o primeiro autor deste artigo presenciou enquanto professor da educação básica, a percepção deles de que parece não haver o que se desenvolver em física, pois tudo já está respondido. O que, evidentemente, não poderia estar mais distante do estado de coisas da ciência contemporânea. Como amplamente discutido em trabalhos relacionados à Filosofia da Ciência e Natureza da Ciência, esse estado de uma ciência definitiva é impossível pelos fundamentos próprios desse empreendimento.^{10,11,12,13}

¹ Referimo-nos à tendência, amplamente documentada da utilização de materiais didáticos em formato de apostilas por redes de ensino, tanto públicas quanto privadas. São materiais de apoio didático classicamente utilizados em cursos preparatórios para concursos, exames de admissão e vestibulares desde, pelo menos, a década de 1950. Diversos autores apontam para o fato de que essa tendência é resultado de um “empresariamento” ou “mercantilização” da educação. Assinalam ainda os efeitos deletérios, tais como a precarização do ensino e a formação de mão de obra barata para um mercado de trabalho explorador. O formato rígido no qual são dispostos os conhecimentos escolares fragmentados e resumidos transmitem uma sensação de conhecimento definitivo a que nos referimos mais adiante no texto.

² NICOLETI, João Ernesto. Ensino Apostilado na escola pública: tendência crescente nos municípios da região de São José do Rio Preto. Dissertação (Mestrado em Educação Escolar) - Faculdade de Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho/UNESP. Araraquara, 2009.

³ TREDICI, Tompson Carlos. Adoção pelos municípios do Estado de São Paulo de contratações de “sistemas apostilados de ensino” de empresas privadas para aplicação nas escolas públicas municipais. São Paulo: TCE, 2007.

⁴ MOTTA, Carlos Eduardo de Souza. Indústria Cultural e o Sistema Apostilado: A Lógica do Capitalismo. Cadernos Cedes, ano XXI, nº 54, ago. 2001.

⁵ AMORIM, Ivanir Fernandes de. Reflexões Críticas Sobre os Sistemas Apostilados de Ensino. 2008, 191f. Dissertação (Mestrado em Educação Escolar) - Faculdade de Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho/UNESP, Araraquara, 2008.

⁶ FRUTUOSO, Aldani Sionei de Andrade. O sistema apostilado na rede municipal de ensino de Florianópolis: “caminho” para medidas privatistas e desvalorização da educação. Dissertação (Mestrado em Educação) - Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

⁷ CARVALHO, Bruna; DE CARVALHO COSTA, Áurea. ANOTHER BRICK IN THE WALL: o apostilamento no ensino público como reedição do tecnicismo pedagógico. Teoria e Prática da Educação, v. 15, n. 2, p. 159-173, 2012.

⁸ Referimo-nos aqui aos conteúdos da física escolar e não, exatamente, aos conhecimentos e processos da física profissional. Além disso, é preciso que seja dito, esta não é a única tendência registrada no ensino de física em nosso país ao longo do tempo. Queremos apenas apontar para o fato de que esta tendência, hoje consubstanciada nas apostilas, não é novidade no ensino de física brasileiro. Consequência da gênese desse ensino no Brasil que, por volta da década de 1960 quando aparece, prestava-se à formação da elite objetivando a produção de futuros cientistas. Historicamente, as tendências na área de (pesquisa em) ensino de física se sobrepõem e se modificam, mas não se extinguem.

⁹ ROSA, Cleci Werner da et al. O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. Revista Iberoamericana de Educación, 2012.

¹⁰ POPPER, Karl R. A lógica da pesquisa científica. Editora Cultrix, 2004.

¹¹ BACHELARD, Gaston. A formação do espírito científico. Rio de Janeiro: Contraponto, v. 1938, 1996, 30.

¹² KHUN, Thomas. A Estrutura da revolução científica. 1996.

¹³ PRAIA, João; GIL-PÉREZ, Daniel; VILCHES, Amparo. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. Ciência & Educação, v. 13, n. 02, p. 141-156, 2007.

Diagnóstico espantosamente semelhante ao feito por Gaston Bachelard, na primeira metade do século XX, registrado em seu famoso livro chamado “A Formação do Espírito Científico”¹¹:

Os livros de física, que há meio século são cuidadosamente copiados uns dos outros, fornecem aos alunos uma ciência socializada, imóvel, que, graças à estranha persistência do programa dos exames universitários, chega a passar como natural; mas não é; já não é natural. Já não é a ciência da rua e do campo. É uma ciência elaborada num mau laboratório, mas que traz assim mesmo a feliz marca desse laboratório.

De fato, é notável a distância entre a física escolar e a física profissional. Não apenas em relação a seus métodos e objetivos, mas sobretudo em relação a seus compromissos epistemológicos¹⁴. Para ilustrar essa argumentação, analisemos brevemente como a experimentação comparece tipicamente nessas áreas.

No ensino de ciências, os estudantes geralmente são expostos a conceitos científicos já estabelecidos e consensuais e quando participam de experimentos e atividades práticas, os objetivos estão, grosso modo, relacionados à transmissão desses conhecimentos meramente¹⁵. Por outro lado, a prática científica envolve investigações originais, formulações de hipóteses, coletas e análises de dados, além de revisões críticas da literatura da área objetivando a produção de novos conhecimentos e descobertas.^{16,17} Portanto, a experimentação desempenha papéis distintos nesses dois diferentes contextos de relação com a física, o profissional e o escolar.

Sobre isso, Hodson¹⁵ argumenta, a partir de Thomas Khun¹² que

os alunos na escola estão lidando – essencialmente – com ciência normal. Isto é, eles estão trabalhando dentro de um paradigma particular, seguramente até onde se referem às atividades de laboratório. Apenas ocasionalmente se lidam com mudanças de paradigma na ciência escolar – e nesses casos o veículo didático mais apropriado bem pode ser o estudo de casos históricos, em vez do trabalho em laboratório. No entanto, os cientistas engajados na ciência normal (estendendo e desenvolvendo o paradigma) trabalham com um grau de familiaridade com o paradigma que não existe entre os alunos envolvidos com atividades similares na escola.

A experimentação, expressando a dimensão empírica das ciências da natureza na prática científica, é de fundamental relevância. Cada área e subárea de investigação constitui e cultiva uma tradição de metodologias investigativas distintas, mas a presença da experimentação é notavelmente ampla e decisiva. Faz parte da atividade que a identifica como ciência.

¹⁴ PUGLIESE, Renato Marcon. A história da física e a física escolar: incoerências entre a ciência e o ensino. *Khronos*, n. 4, p. 32-44, 2017.

¹⁵ HODSON, Derek et al. Experimentos na ciência e no ensino de ciências. *Educational philosophy and theory*, v. 20, n. 2, p. 53-66, 1988, 54-55.

¹⁶ DUSCHL, Richard A. et al. (Ed.). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academies Press, 2007.

¹⁷ CHALMERS, Alan Francis; FIKER, Raul. *O que é ciência afinal?*. São Paulo: Brasiliense, 1993.

Já para o ensino de ciências, a experimentação, que neste contexto se expressa como “experimentação didática”, não tem sido parte imperativa constituinte da atividade laboral de um(a) professor(a). Alguns, como Hodson¹⁸, propõem inclusive, que a experimentação no contexto do ensino de ciência pode configurar até um obstáculo para a aprendizagem de conceitos científicos. Para o autor:

Enquanto os experimentos na ciência são conduzidos principalmente com o objetivo de desenvolver teorias, os experimentos no ensino de ciências têm uma série de funções pedagógicas. Eles são usados pelos professores como parte de seu programa planejado para ensinar ciências, ensinar sobre a ciência, e ensinar como fazer ciência. Estas funções pedagógicas podem, em certas ocasiões, resultar em problemas muito significativos. Por exemplo, muitos experimentos em classe não “funcionam”, ou dão resultados inesperados. Ainda assim se sugere que os alunos aceitem uma teoria com a qual esses experimentos manifestamente não estão de acordo, atribuindo-se quaisquer anomalias a técnicas inadequadas ou à falta de sorte. Isto ocorre porque a função pedagógica de muitos “experimentos” no ensino da ciência é ilustrar um ponto de vista teórico em particular, ao passo que na ciência o propósito é auxiliar o desenvolvimento de teorias. A intenção de promover uma visão particular, enquanto se mantém uma fachada de investigação aberta, cria enormes dificuldades e é a principal responsável pelas visões distorcidas que os alunos têm a respeito dos experimentos e da metodologia científica. Este tipo de redescoberta encenada, ainda muito comum nas escolas, é cercado de todos os tipos de problemas teóricos e práticos.

Isso se deve ao fato de que os objetivos do ensino de ciências - frequentemente apenas tacitamente apreendidos¹⁹ - não incluem sempre a experimentação como meio imperativo para alcançá-los. Assim como a experimentação, outros elementos que comparecem em ambos os contextos acima referidos apresentam distinções importantes como a que expomos. Se assim for, quais os sentidos e funções da física escolar na contemporaneidade? Ou ainda, que espécie de ensino de física faz sentido na contemporaneidade? Tais questões se inserem em uma outra mais abrangente, a saber aquela que se debruça sobre o sentido da educação científica na formação do(a) cidadão(ã) contemporâneo(a).

Verificamos a existência de múltiplos esforços que surgiram no intuito de responder esta natureza de questão. Entre eles, gostaríamos de destacar neste trabalho, o papel da história da ciência (e da física, especificamente) no ensino de ciências. O esforço que amealhamos está no sentido de conferir à física escolar - e à prática docente em última instância - um sentido e uma identidade inspirados nos desenvolvimentos da própria física enquanto área de conhecimento bem estabelecida. Trata-se, portanto, de tomar a própria ciência no estabelecimento de uma identidade para a prática pedagógica em torno dela. Daí a presença imprescindível da história e da filosofia da ciência nessa empreitada.

¹⁸ HODSON, Derek et al. Experimentos na ciência e no ensino de ciências. *Educational philosophy and theory*, v. 20, n. 2, p. 53-66, 1988, 56.

¹⁹ SHAMOS, Morris Herbert. *The myth of scientific literacy*. 1995.

Uma ideia que constitui uma espécie de pedra angular para nós é encontrada em Bachelard. Ao discutir criticamente o valor da opinião na construção do conhecimento científico, o autor o difere da primeira afirmando que “[...] todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído”.²⁰ Nossa perspectiva é a de que a centralidade da questão como elemento capaz de conferir sentido ao empreendimento científico deve, obrigatoriamente, ser considerada central no contexto da física escolar. Isto pode ser feito de formas diversas, evidentemente. A experimentação tem se mostrado, por exemplo, um caminho profícuo para este fim.²¹ A contextualização e a problematização a partir de questões sociocientíficas que afetem e mobilizem os estudantes também parece promissora.²² Uma direção alternativa é a de discutir e contextualizar questões que movimentaram as ideias em física ao longo da história. Neste sentido, este trabalho pretende apresentar uma proposta de como isto pode ser operacionalizado em salas de aula da escola básica, fruto de anos de prática do primeiro autor do trabalho como professor da escola básica. Reservamos espaço neste texto para uma breve discussão sobre algumas das potencialidades, bem como para alguns limites de um ensino de física com tais características. Sem a menor pretensão de esgotar o tema, nem resolver definitivamente a questão, queremos expor de maneira sistemática e organizada uma argumentação que ao mesmo tempo seja diagnóstica de um certo estado de coisas na educação contemporânea e também propositiva.

ALGUMAS PALAVRAS ACERCA DE DEBATES SOBRE O VALOR EDUCATIVO DA HISTÓRIA E DA FILOSOFIA DA CIÊNCIA

Um estado de crise generalizada na educação contemporânea está amplamente documentado.^{23,24,25,26} A evasão escolar, o adoecimento do professorado, a maciça desmotivação e pouco engajamento dos entes participantes do processo educacional formal são alguns dos sintomas apontados em diversos trabalhos. Há, inclusive, uma certa tradição de pesquisa estabelecida sobre um assunto denominado “mal-estar docente” que reúne, entre outros elementos, uma farta documentação que apoia

²⁰ BACHELARD, Gaston. *A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro: Contraponto, v. 1938, 1996.

²¹ SÉRÉ, Marie-Geneviève; COELHO, Suzana Maria; NUNES, António Dias. O papel da experimentação no ensino da física. *Caderno brasileiro de ensino de física*, v. 20, n. 1, p. 30-42, 2003.

²² BELANÇON, Marcos Paulo. O ensino de física contextualizado ao século XXI. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 39, p. e4001, 2017.

²³ MATTHEWS, Michael S. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

²⁴ ARENDT, Hannah et al. *A crise na educação. Entre o passado e o futuro*, v. 5, p. 221-247, 2000.

²⁵ SILVA, Cibelle Celestino. *Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para a aplicação no ensino*. Editora Livraria da Física, 2006.

²⁶ COELHO, André Luís Miranda de Barcellos. *Entre a inovação e o mal-estar: como professores(as) de Ciências da Natureza lidam com a demanda por mudanças na educação*. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) — Universidade de Brasília, Brasília, 2023.

esse diagnóstico.^{27,25} Pelo lado dos(as) estudantes, os índices alarmantes de evasão e violência escolar, além de resultados insatisfatórios em exames nacionais diagnósticos são indícios preocupantes desse estado de crise a que nos referimos. Não apenas em nosso país, mas em diversos outros lugares no mundo, como descrito por Matthews²². Mais recentemente, adicionalmente, observamos o fortalecimento e difusão de movimentos negacionistas da ciência - e até anticientíficos - por todo o planeta que podem ser compreendidos como mais um sintoma da referida crise.

Certamente não há respostas fáceis que possam dar cabo a esta(s) crise(s). Talvez as causas subjacentes sejam de tal ordem complexas e imprevisíveis que a escola - e a educação por conseguinte - seja nada mais que mais uma vítima da contemporaneidade. Nem por isso, entretanto, devemos permanecer imóveis diante o acachapante tempo em que vivemos. A escola pode - e defendemos, deve - ser um lugar de resistência e proposição. Um lugar de tradição, memória, história e transformação. Parece-nos imprescindível ocuparmos este território se queremos cumprir uma função fundamental da educação que é a de legar às novas gerações o conhecimento acumulado pela humanidade ao longo de séculos, como analisou notoriamente Hannah Arendt²³. Um primeiro e fundamental passo neste sentido é o de retomar, no plano epistemológico de nossa atividade docente, um compromisso que não cabe nas apostilas: o de questionar-se. Se assim for, a história e a filosofia da ciência podem nos servir de imenso repositório de inspiração e conhecimento que, uma vez constituintes imprescindíveis do ensino de ciências, são capazes de conferir-lhe o referido sentido.

Diversos trabalhos descrevem os motivos pelos quais uma aproximação entre a história da ciência e o ensino de ciência é benéfica ao último. No trabalho de Matthews²² encontramos uma boa síntese deles. Na página 172 do referido texto, lemos:

[...] a história da ciência contribui para o seu ensino porque:
(1) motiva e atrai os alunos;
(2) humaniza a matéria;
(3) promove uma compreensão melhor dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento;
(4) há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais na história da ciência - a Revolução Científica, o darwinismo, etc.;
(5) demonstra que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações que
(6) se opõem à ideologia cientificista; e, finalmente,
(7) a história permite uma compreensão mais profícua do método científico e apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente. (172-173)

No mesmo artigo encontramos um competente registro de como, progressivamente, temas relacionados à história e filosofia da ciência foram sendo incorporados nos currículos escolares de diversas

²⁷ MANFRÉ, Ademir Henrique. O mal-estar docente e os limites da experiência no tempo presente: uma leitura frankfurtiana. 2014.

redes de ensino ao redor do mundo, incluindo no Brasil. Além disso, descreve como os cursos de formação de professores de ciências em alguns países passaram a implementar formações sobre o assunto em seus programas a partir do reconhecimento da demanda formativa de seus(as) professores(as).

Uma conferência proferida no Museu Pedagógico Francês na década de 1930, parece-nos simbólica para compreender este contexto. Foi conduzida por Paul Langevin²⁸ que ensaiou uma argumentação centrada na urgência de reivindicar uma relação profunda com o conhecimento científico no âmbito do ensino de ciências. Seu diagnóstico é bastante atual em vários aspectos, por isso, avaliamos que vale ser esmiuçado.

Ele inaugurou sua fala afirmando que “é necessário inicialmente reconhecer que neste ensino [de ciências] tem-se negligenciado quase que inteiramente o ponto de vista histórico, que em outros ramos do conhecimento, como a literatura e a filosofia, é considerado bastante importante”²⁹. Langevin destaca que a causa disso se deve, principalmente, ao fato de que os cursos de ciências oferecidos aos jovens à época eram demasiadamente utilitaristas. Desenvolve seu argumento dizendo que neste contexto os currículos mostram “uma orientação quase exclusivamente dirigida ao conhecimento dos fatos e das leis”³⁰. Tendência também captada pelo trabalho de Matthews²² na década de 1990 e que parece constituir um desafio ainda atual.^{24,31,32} A análise de Bachelard¹⁹ sobre a produção do conhecimento científico e sua imperativa dependência com a formulação adequada de questões faz coro com o diagnóstico de Langevin de que o ensino de ciências segue uma tendência para a “deformação dogmática” - palavras dele - do conhecimento científico como consequência de um compromisso utilitarista dos conhecimentos escolares.

Langevin analisa o valor da história e filosofia da ciência para o ensino em termos do que ele avalia que se perde ao não fazer presente essas dimensões no ensino. A primeira vítima de tal ensino dogmático é o interesse do(a) estudante. Para ele, “o ensino dogmático é frio, estático e acaba dando a impressão, absolutamente falsa, de que a Ciência é uma coisa morta e definitiva”³³. Ele passa, então, a analisar o valor formativo de um ensino de ciências comprometido com a história e a filosofia da ciência para a formação de um espírito³⁴ científico. Afirma que sem história e filosofia da ciência, perde-se por completo tal valor

²⁸ Paul Langevin foi um importante físico parisiense do início do século XX. Suas contribuições em áreas como o eletromagnetismo, física de partículas e a teoria da relatividade de Einstein foram importantes. Ele é um dos principais responsáveis pela divulgação e popularização da teoria da relatividade einsteiniana na França naquele período. Mais sobre o autor e suas reflexões sobre o ensino de ciência na tese de doutorado de Decio H. C. Junior (CESTARI JUNIOR, 2020).

²⁹ LANGEVIN, Paul. O Valor Educativo da História da Ciência. Tradução de Regina Proserpi Meyer. In: GAMA, Ruy. *Ciência e Técnica: Antologia de Textos Históricos*. São Paulo: T.A. Queiroz, 1992, 1.

³⁰ *Ibid.*, 2.

³¹ BOAS, Anderson Vilas et al. História da ciência e natureza da ciência: debates e consensos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 30, n. 2, p. 287-322, 2013.

³² MOURA, Breno Arsioli. O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência?. *Revista Brasileira de História da ciência*, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.

³³ LANGEVIN, Paul. O Valor Educativo da História da Ciência. Tradução de Regina Proserpi Meyer. In: GAMA, Ruy. *Ciência e Técnica: Antologia de Textos Históricos*. São Paulo: T.A. Queiroz, 1992, 3.

³⁴ O emprego do termo “espírito”, que é muito frequente pelos pensadores franceses ao longo da história, pode levar o(a) leitor(a) brasileiro(a) a interpretações equivocadas. O termo francês “esprit”,

formativo. Ainda sobre o dogmatismo científico, e não apenas no ensino de ciências, o autor vai defender que o estudo da história da ciência pode rapidamente desfazer convicções dogmáticas acerca de uma proposição teórica ao fazer o(a) estudante tomar consciência das reservas dos(as) proponentes dessas teorias em relação a suas próprias ideias³⁵. Para Langevin, em síntese, a história da ciência nos lembra constantemente do caráter provisório e precário das proposições científicas.

Uma outra argumentação do autor contra um ensino de ciências utilitarista é a de que a história da ciência mostra que os avanços conquistados (tanto teóricos quanto tecnológicos) advieram de “esforços repetidos, às vezes infrutíferos, outras vezes vitoriosos de tantos inventores”³⁶. Dessa maneira, a procura atroz pela utilidade dos conhecimentos científicos no ensino prestaria um desserviço ao avanço lento da ciência. Ele também destaca a intenção nomotética das investigações das ciências naturais como tendo um valor em si e não apenas o produto de tal intento (o conhecimento científico, propriamente). Assim sendo, é preciso que o ensino de ciências priorize o processo de construção do conhecimento científico em detrimento do conhecimento unicamente, dado sua provisoriedade. Conclui sua argumentação analisando como os desenvolvimentos científicos afetam também a própria área da história e da filosofia. Vínculo este que não pode ser esclarecido no âmbito do ensino de ciências, sem a presença estruturante da história e da filosofia.

Como mencionado, a aproximação entre a história e filosofia da ciência e o ensino de ciências progressivamente atrai mais interesse da pesquisa ao longo do tempo. Teixeira, Greca e Freire³⁷ identificaram em seu trabalho a ampla profusão de trabalhos investigando a história da ciência no ensino de ciências a partir da década de 2000. Os trabalhos discutem, essencialmente, a inclusão de história e filosofia da ciência nos currículos escolares, propostas de inserção dessas temáticas nas práticas docentes e diagnósticos sobre os desafios dessa aproximação. A análise dos autores revela que ainda persistem dificuldades operacionais na aproximação entre história e filosofia da ciência e o ensino de ciências e que os debates iniciados no século XX permanecem relevantes, como quisemos ilustrar ao trazermos o ensaio de Paul Langevin²⁸ a respeito do tema. A despeito das potencialidades da aproximação entre história e filosofia da ciência e o ensino de ciências, os desafios para a efetiva implementação na prática docente de

frequentemente traduzido para o português como “espírito”, em sua acepção original, significa “conteúdo”, “essência” ou “substância constituinte”. Além disso, o termo também se refere muito mais ao intelecto/pensamento (vide Descartes) ou inteligência do que o termo “espírito” em nossa língua que está muito mais associado à “forma imaterial”, “fantasma” ou ainda significações com conotações místicas e religiosas. Quando esses pensadores franceses falam sobre o “esprit” de algo, eles se referem ao seu conteúdo intelectual ou teoricamente constituído. Como em Montesquieu em seu “O Espírito das Leis” (2000 original de 1748) ou Bachelard em “A Formação do Espírito Científico” (1996 original de 1938).

³⁵ Como é o caso da teoria da gravitação de Newton, por exemplo.

³⁶ LANGEVIN, Paul. O Valor Educativo da História da Ciência. Tradução de Regina Prospero Meyer. In: GAMA, Ruy. Ciência e Técnica: Antologia de Textos Históricos. São Paulo: T.A. Queiroz, 1992, 5.

³⁷ TEIXEIRA, Elder Sales; GRECA, Ileana Maria; FREIRE, O. Uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no Brasil sobre o uso didático de história e filosofia da ciência no ensino de física. Temas de história e filosofia da ciência no ensino. Natal: EDUFN, p. 9-40, 2012.

abordagens dessa natureza são enormes e de várias ordens. Na seção seguinte, faremos um rápido apanhado de argumentações que nos advertem contra a incorporação (ou propriamente o uso) de história e filosofia da ciência no ensino.

Algumas palavras acerca de limites e riscos da presença de história e da filosofia da ciência no ensino de ciências

Há uma generosa coleção de críticas à presença da história da ciência no ensino de ciências registradas ao longo do século XX, especialmente. A maior parte das críticas neste período se referem à formação de um profissional em ciências e não, exatamente, ao âmbito da educação básica. Evidentemente, há certas aproximações entre essas duas perspectivas, especialmente se o ensino conduzido na escola básica é de caráter utilitarista e objetiva, fundamentalmente, o mesmo: a formação de cientistas. Tendência bastante forte nas décadas de 70 e início de de 80 no Brasil como diagnosticado por Salém³⁸ e que sobrevive até a atualidade, ainda que transformada.

Dois importantes críticos de relevo se destacam. O primeiro é Martin Klein³⁹ que tece duras críticas a uma tendência curricular no ensino de ciências de diversos países, nas décadas de 1960 e 1970, pela inserção de temas sobre história da ciência. Seu principal apontamento era para o fato de que professores de ciências, e os de física em especial, usavam materiais históricos sem o cuidado devido. Segundo ele,

uma razão pela qual é difícil fazer-se com que a história da física atenda as necessidades do ensino da física é a diferença fundamental que há entre a perspectiva do físico e a do historiador. (...) É tão difícil imaginar-se a combinação da riqueza de complexidade do fato, por que anseia o historiador, com o simples corte agudo do fenômeno que a física procura.

Klein é categórico ao dizer que o único ensino de física possível que utiliza-se⁴⁰ da história da ciência é um ensino de má qualidade. A propagação de “meias-verdades” históricas e disseminação de mitos e lendas envolvendo cientistas e seus trabalhos seriam alguns dos sintomas dessa relação deletéria.⁴¹

O segundo crítico de relevo é o próprio Thomas Kuhn. Sobre a presença de história de ciências no ensino de ciência é célebre sua argumentação de que a exposição de um aprendiz iniciante à história da ciência genuína (ou profissional) tem grande potencial de prestar um enorme desserviço à sua

³⁸ SALEM, Sonia. Perfil, evolução e perspectivas da pesquisa em Ensino de Física no Brasil. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

³⁹ MARTIN, M., Concepts of Science Education, Scott, Foresman & Co., New York. 1972, 173.

⁴⁰ A expressão “utilizar” aqui empregada é importante, pois dá sentido e fundamento à crítica.

⁴¹ WHITAKER, M. A. B. History and Quasi-history in Physics Education Pts I, II. 1979.

aprendizagem de conceitos científicos⁴². Segundo Matthews⁴³, Kuhn afirmou que “numa sala de aula de ciências, a história da ciência deveria ser distorcida para que os cientistas do passado fossem retratados como se trabalhassem com o mesmo conjunto de problemas trabalhados pelos cientistas modernos”. A argumentação baseia-se na seguinte análise: O objetivo do ensino de ciências é transmitir (ou legar) à novas gerações os conhecimentos gerados pela ciência normal⁴⁴. Isto significa que as questões de interesse devem ser todas descritas e resolvidas segundo o paradigma vigente. Isto impõe a necessidade de olhar para a história da ciência sempre anacronicamente, pois ainda que os objetos e fenômenos investigados tenham, de alguma maneira, se mantido os mesmos ao longo do tempo, as questões e os métodos de investigação são outros e incomensuráveis entre si.

Boas et al ⁴⁵ nos alerta para o fato de que é preciso compreender melhor as propostas de Thomas Kuhn acerca da história da ciência antes de formar algum juízo sobre o valor de sua proposição. O primeiro destaque feito pelos autores é que para Kuhn a história da ciência não é simplesmente um registro de fatos científicos. Sobre isso eles afirmam que “para que tivesse a função de nos auxiliar a compreender o desenvolvimento científico, a história deveria ser escrita a partir de uma estrutura categorial que apontaria as complexidades da produção científica”. O segundo ponto, segundo os referidos autores, é que Kuhn defendia a autonomia da história da ciência da própria ciência. E, por fim, o autor afirmava que a história da ciência não pode ser compreendida como disjunta da filosofia e da sociologia da ciência.

Há, ainda, uma profusão de proponentes de um ensino de ciências estruturado pela história da ciência, ao longo do século XX, que estabelecem um paralelo entre o desenvolvimento psicológico (ou cognitivo, propriamente) de aprendizes de ciências e o desenvolvimento histórico das ideias em ciências. Como aponta Disessa⁴⁶, tais autores desenvolvem suas propostas para o ensino de ciências a partir do pressuposto da coerência. Segundo Pereira⁴⁷, para tal pressuposto “o conhecimento intuitivo do estudante é visto como sendo coerente e sistemático, adquirindo assim o status de teoria. Do ponto de vista dessa perspectiva, os estudantes têm teorias no mesmo sentido que um cientista as têm”. É a partir dessa abordagem que é possível realizar o paralelismo entre desenvolvimento psicológico do(a) aprendiz e o

⁴² É importante destacar que a postura de Kuhn ocorre no âmbito da formação do futuro profissional de ciência (cientista). Não identificamos em Kuhn um julgamento de valor, mas a descrição de um processo formativo no qual ele reconheceu que efetivamente se dá sem a presença de uma abordagem histórica.

⁴³ MATTHEWS, Michael S. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995, 176-177.

⁴⁴ “Ciência normal” é um conceito cunhado por Thomas Kuhn e refere-se ao período em que uma comunidade científica aceita um paradigma particular como base para a sua pesquisa. Durante essa fase, os cientistas trabalham dentro dos limites estabelecidos pelo paradigma, resolvendo problemas dentro do contexto conceitual e metodológico definido.

⁴⁵ BOAS, Anderson Vilas et al. História da ciência e natureza da ciência: debates e consensos. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 30, n. 2, p. 287-322, 2013, 289.

⁴⁶ DISESSA, A. A. A history of conceptual change research: Threads and fault lines. comparisons. Science Education, v. 99, n. 3, p. 410-416, 2014, 34.

⁴⁷ PEREIRA, Alexsandro Pereira de. Distribuição conceitual no ensino de física quântica: uma aproximação sociocultural às teorias de mudança conceitual. 2012.

desenvolvimento histórico das teorias científicas. Bachelard¹⁹, por exemplo, propõe realizar uma psicanálise do conhecimento científico e sugere estados (concreto, concreto-abstrato e abstrato) pelos quais o espírito científico deve, invariavelmente, passar. Algo semelhante é encontrado nos trabalhos de Piaget e Habermas.

Essas propostas para o ensino de ciências encontram-se respaldadas pela perspectiva biológica recapitulista⁴². Ernest Haeckel⁴⁸, biólogo, parece ter sido o proponente mais proeminente da chamada “lei da recapitulação”. Trata-se da crença de que o desenvolvimento de um indivíduo é tal que recapitula (ou encontra-se forte paralelo) com o desenvolvimento da espécie. Pereira⁴² afirma que, no âmbito da psicologia, Granville Hall⁴⁹ é um dos responsáveis por capitanear um esforço inspirado na proposta de Haeckel. Acontece que, como mostra Wertsch⁵⁰, essas noções recapitulistas são atualmente amplamente rejeitadas, ainda que implicitamente compareçam em metodologias de pesquisa na psicologia.

Para Pereira⁵¹:

Em um importante sentido, todas essas analogias com a história da ciência implicam a metáfora do “estudante cientista”. De acordo com essa analogia, mudanças no conhecimento do indivíduo ocorrem de modo similar às mudanças de teoria na história da ciência. Alguns pesquisadores têm protestado fortemente contra essa linha de raciocínio. Pintrich et al. (1993), por exemplo, criticaram o modelo de mudança conceitual por usar a metáfora do estudante cientista, que caracteriza o estudante como estando envolvido em uma investigação racional e disposto a utilizar dispositivos como teorias, modelos, experimentos e dados. Eles questionaram a validade da noção da criança como um cientista e da sala de aula como uma comunidade de cientistas.

Ainda segundo Pereira⁵², “alguns pesquisadores traçaram essa analogia ao nível do conteúdo [no ensino de ciências], apontando similaridades entre as ideias iniciais dos estudantes e teorias científicas medievais”. Outros, a partir de uma leitura do trabalho de Kuhn, propuseram que estudantes adquiriam conhecimento científico operando na mesma lógica paradigmática presente na dinâmica entre ciência normal e revoluções científicas.

Em síntese, este projeto de um ensino de ciências recapitulista comete uma dupla injustiça: uma com o(a) estudante ao tratá-lo(a) como um(a) cientista propriamente e outra com a história da ciência ao estabelecer que os(as) predecessores(as) da ciência que hoje conhecemos são - quanto mais antigos - mais ingênuos, desprovidos de sofisticação e operantes de uma racionalidade débil.

⁴⁸ HAECKEL, Ernst. The evolution of man: A popular exposition of the principal points of human ontogeny & phylogeny. D. Appleton, 1892.

⁴⁹ HALL, Granville Stanley. Youth, its education, regimen, and hygiene. Appleton and Company, 1920.

⁵⁰ WERTSCH, James V. Voices of the mind: Sociocultural approach to mediated action. Harvard University Press, 1991.

⁵¹ PEREIRA, Alexsandro Pereira de. Distribuição conceitual no ensino de física quântica: uma aproximação sociocultural às teorias de mudança conceitual. 2012, 86.

⁵² Ibid., 34.

Tendo em vista essas críticas e alertas, por que insistir em fazer comparecer a história da ciência nas salas de aula de ciências? E como realizar essa tarefa, mantendo um compromisso primário com o próprio ensino?

Já à época, as argumentações de Kuhn encontraram resistência. Um importante opositor à análise de Kuhn é Harvey Siegel.⁵³ Ele argumenta que os “relatos alternativos dos problemas [científicos], conceitos e padrões de solução do paradigma que o aluno está aprendendo podem ser muito úteis para o estudante obter uma compreensão mais profunda desse paradigma”⁵⁴ e não constituem um obstáculo para a obtenção do mesmo.

Siegel nos alerta ainda sobre uma dimensão deontológica preocupante na argumentação de Kuhn. O crítico faz considerações acerca do fato de que estudantes de ciências não são objetos manipuláveis ao sabor dos desejos dos(as) professores(as) de ciências. Eles(as) são, de fato, pessoas capazes de pensar autonomamente. Desse ponto de vista, distorcer propositalmente a história seria até abjeto, segundo Siegel.

Ele ainda refuta a argumentação de Kuhn sobre a suposta relação deletéria entre a história da ciência e o objetivo de ensinar conceitos científicos. Se o objetivo é formar um cientista competente no paradigma vigente, a história da ciência pode, na verdade, ser campo profícuo de “insights” e “backgrounds” se entendermos objetividade da maneira proposta por Siegel⁵⁵. O que constitui um contraponto importante em relação ao valor educativo da história da ciência para Kuhn.

Ademais, tanto Siegel como outros críticos às recomendações de Kuhn - como S. Brush⁵⁶ - operam suas considerações sobre o ensino de ciências na lógica de um ensino para a formação de cientistas. Paradigma absolutamente presente no ensino de física no Brasil nas décadas de 70 e 80, sobretudo.³⁴ Novos desafios surgem, entretanto, com as novas demandas formativas para o ensino de ciências nas décadas seguintes. Com a redemocratização no final da década de 1980, o surgimento da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 e dos documentos norteadores da educação brasileira - como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira de 1996 e dos Parâmetros Curriculares Nacionais de 1998 - surge para o ensino de ciências brasileiro a demanda de formação para a cidadania e para o letramento científico. É nesse contexto, por exemplo, que os movimentos Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)

⁵³ SIEGEL, H. On the Distortion of the History of Science in Science Education. *Science Education*, v. 63, n. 1, p. 111-118, 1979, 113.

⁵⁴ Do original : “Alternative accounts of the problems, concepts, and standards of solution of the paradigm the student is being taught can be most helpful to the student in gaining a deeper understanding of that paradigm”(Siegel, 1979 p. 113).

⁵⁵ Neste texto citado, o autor faz uma importante distinção entre objetividade científica e um determinado comportamento do(a) cientista. Ele afirma que a “objetividade não reside no comportamento do cientista individual; mas antes reside nos controles experimentais e institucionais da avaliação científica” (Siegel, 1979 p. 114).

⁵⁶ BRUSH, Stephen G. Should the history of science be rated X? The way scientists behave (according to historians) might not be a good model for students. *Science*, v. 183, n. 4130, p. 1164-1172, 1974.

ganham força em nosso país. Coincide também, como apontamos anteriormente, com o aumento explosivo de trabalhos envolvendo história e filosofia da ciência e sua aproximação ao ensino de ciências.

Neste contexto, Silva⁵⁸ destaca o fato de que

no Brasil, a aproximação entre história e filosofia da ciência e ensino ainda ocorre mais no nível teórico do que no nível da prática docente. Algumas das razões para isso são a falta de preparo dos professores, o pequeno número de pesquisas existente buscando as melhores estratégias para a utilização da história e filosofia da ciência dentro do contexto do ensino de ciências brasileiro e também a grande falta de material didático de qualidade em português [...].

Essa perspectiva apontada pela autora de que é necessário pesquisar as melhores estratégias para o uso de história e filosofia da ciência no ensino é bastante difundida.^{57,58,59} Nesse tipo de abordagem a história e filosofia da ciência seriam como ferramentas ou meios para realizar o ensino de ciências e seus conteúdos. Semelhantemente a outros temas tipicamente presentes no ensino de ciências como a já citada experimentação, modelagem matemática/científica e ensino centrado em questões sociocientíficas. Nosso trabalho, todavia, insere-se em outra tradição de abordagens envolvendo história e filosofia da ciência que buscam reclamar a história e filosofia da ciência como constituinte indissociável de um ensino de ciências inspirado na própria ciência e seus desenvolvimentos.^{28,22,13,30,29} A busca não é pela superação da primeira abordagem, entretanto. Queremos apenas demarcar uma compreensão acerca de uma potencialidade educativa do campo da história e filosofia que uma abordagem utilitarista não é capaz de acessar. O desafio recai, quase sempre, na operacionalização de tal proposta. Por isso, este trabalho arrisca-se em descrever e propor caminhos a partir de experiências reais em salas de aula de ciências na escola básica brasileira. Pretendemos, com isso, constituir um espaço e um tempo para experiências em que o ensino de ciências apareça, o tanto quanto possível, imbricado com a história e a filosofia da ciência. Sem prescrever propriamente um método ou estratégia de ensino a ser seguida, contudo, nosso trabalho pretende pôr em movimento uma heurística profissional potente capaz de fazer comparecer nas salas de aula de ciências de nosso país as várias dimensões constituintes do empreendimento científico, especificamente a histórica e filosófica.

⁵⁷ DIAS, Penha Maria Cardoso. A (im) pertinência da História ao aprendizado da Física (um estudo de caso). *Revista Brasileira de ensino de física*, v. 23, p. 226-235, 2001.

⁵⁸ SILVA, Cibelle Celestino; MARTINS, Roberto de Andrade. A teoria das cores de Newton: um exemplo do uso da história da ciência em sala de aula. *Ciência & Educação*, v. 9, n. 01, p. 53-65, 2003, 8.

⁵⁹ MORAES, Andreia Guerra; REIS, José Claudio; BRAGA, Marco Antonio Barbosa. Uma abordagem histórico-filosófica para o eletromagnetismo no ensino médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 21, n. 2, p. 224-248, 2004

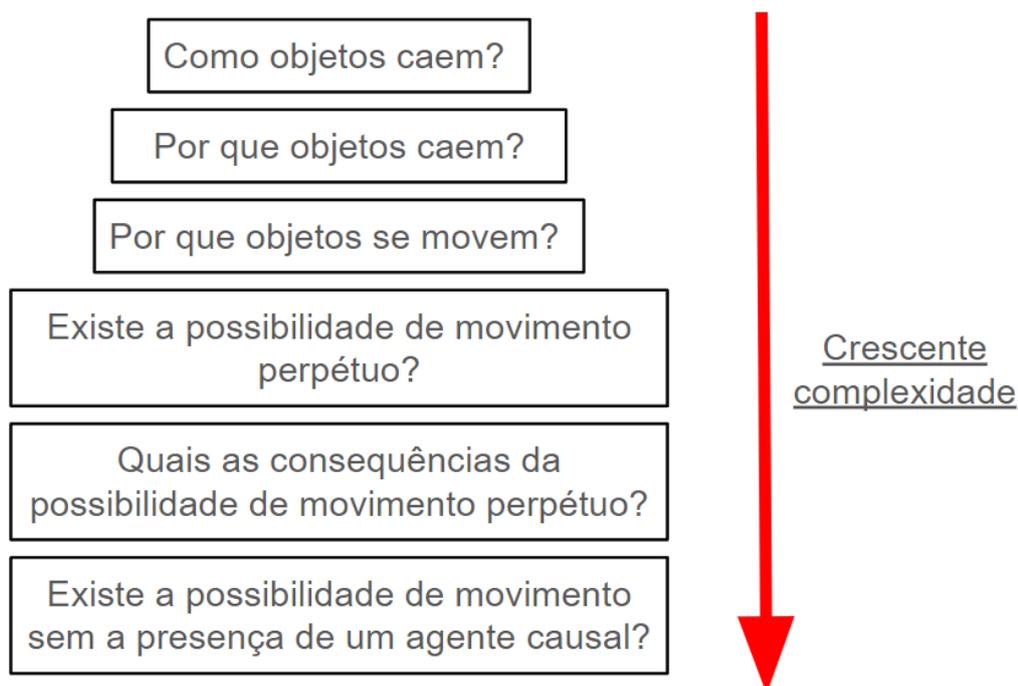
A questão como centro do processo educativo: Uma proposta operativa para ensino de ciências

A presente proposta surge a partir da prática docente na escola básica do primeiro autor deste trabalho, tanto na rede pública quanto privada de ensino. Neste trabalho é, finalmente, sistematizada de maneira tal a servir como aporte teórico para uma prática docente que pretende pôr em movimento um ensino de ciências que reconhecemos como autêntico. Isto é, constituído pelas múltiplas dimensões presentes na própria ciência, sendo a história e a filosofia uma de suas componentes. Por este motivo não se trata de uma proposta exclusivamente sobre história/filosofia e sua relação com o ensino. Como se verá a seguir, a articulação em torno de questões permite que se engendre uma prática educativa que, de fato, faça-se presente as múltiplas dimensões constituintes da ciência.

A abordagem funda-se na compreensão encontrada em Bachelard¹¹ de que todo conhecimento científico é resposta a uma questão. Duas características dessa afirmação nos são caras: a centralidade da inquirição para obtenção de conhecimento científico e a multiplicidade de respostas possíveis à uma mesma questão. Tais elementos demandam de estudantes e professores(as) a capacidade de produzir questões que os(as) permitam obter como respostas conhecimento gerado por processos e métodos próprios das ciências. É nesse sentido que a presente proposta localiza-se muito mais em um plano epistemológico da prática docente do que constitui-se como um método de ensino. Ainda que haja certas prescrições sobre como operar, o que mais nos interessa é a explicitação das razões pelas quais as escolhas são feitas.

Sinteticamente, a ideia é estruturar o processo educativo em torno de questões. Devem ser, inicialmente, escritas de maneira a aproximar questões inspiradas no desenvolvimento histórico dos conceitos em Física à questões cotidianas. O termo “inspiradas” aqui empregado sugere o cuidado de não tomar como factual que os proponentes de teorias naturais e científicas ao longo da história, de fato, se perguntaram o que se propõe pensar nos exatos termos sugeridos. É nesse sentido que a proposta é realizar uma epistemologia do conhecimento científico e não propriamente uma historiografia do mesmo. Outro ponto de relevo é a pretensão de aproximar-se de questões cotidianas. Tal movimento não se dá por necessidade utilitarista. A preocupação é educativa pura e simplesmente. Para nós, um processo educativo com grande potencial de sucesso deve-se iniciar em um ambiente seguro para os(as) estudantes. Ele precisa ser, de alguma forma, familiar a eles(as) para que possamos, a partir daí, estreitar as relações com o conhecimento científico progressiva e solidamente.

As questões postas devem também permitir que novas questões sejam formuladas, a partir das primeiras respostas obtidas, e que estas sejam progressivamente mais complexas. Um exemplo ilustrativo dessa estrutura é a maneira como o primeiro autor deste artigo trabalhava temas relacionados ao movimento dos corpos no primeiro ano do ensino médio. O esquema a seguir registra a organização desse trabalho:



Esquema 1: Aplicação da proposta no âmbito do estudo da mecânica no ensino básico.

As perguntas postas permitem múltiplas respostas, evidentemente. E, mais importante, diversos meios para obtê-las. Ao longo do processo educativo, leituras como as que encontramos nos capítulos iniciais de Polito⁶⁰, os artigos de Porto⁶¹ e Polito^{62,63}, o capítulo “Crítica Medieval à Dinâmica de Aristóteles” da dissertação de mestrado de Évora⁶⁴ e alguns capítulos do livro de Pires⁶⁵ orientaram as discussões sobre como os movimentos dos corpos, em especial a queda livre, despertaram grande interesse de muitos pensadores da antiguidade. Além disso, enfatizar como suas reflexões e métodos de obtenção de respostas à questões acerca desse tema pode contribuir imensamente para o aprofundamento de uma investigação sobre o tema. É também a partir dessas leituras que somos capazes de seguir o processo de inquirição como representado no esquema 1.

Explorar a questão “Como objetos caem?”, por exemplo, oferecia uma oportunidade valiosa para utilizar métodos investigativos semelhantes aos propostos por Galileu. Ou seja, uma investigação

⁶⁰ POLITO, Antony Marco Mota. A Metafísica e a Física de Aristóteles. *Physicae Organum-Revista dos Estudantes de Física da UnB*, v. 1, n. 2, 2015b.

⁶¹ PORTO, Claudio Maia; PORTO, MBDSM. Galileu, Descartes e a elaboração do princípio da inércia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 31, p. 4601-4610, 2009.

⁶² POLITO, Antony Marco Mota. Galileu, Descartes e uma breve história do princípio de inércia. *Physicae Organum-Revista dos Estudantes de Física da UnB*, v. 1, n. 1, 2015a.

⁶³ POLITO, Antony MM. A construção da estrutura conceitual da física clássica: Capítulo 1. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

⁶⁴ ÉVORA, Fátima Regina Rodrigues. A revolução copernicana-galileana: origem, significado e inserção na história do pensamento científico-filosófico antigo e medieval. 1987.

⁶⁵ PIRES, Antonio Sergio Teixeira. *Evolução das ideias da Física*. Liv. da Física, 2011.

matemática e experimental. Trabalhos como os de Bezerra Jr e colaboradores⁶⁶ que utilizam o software Tracker Physics para análise de vídeos que registram movimentos de objetos inspiraram algumas das práticas do proponente desta abordagem centrada em questões. Evidentemente, muitos outros caminhos podem ser percorridos. A centralidade da questão, entretanto, permanece sendo a amálgama que coleciona esses percursos em torno de conhecimento científico tão robusto e profundo quanto seja possível na escola básica.

Episódios históricos e trabalhos originais também podem cumprir o papel de motivadores das questões que estruturam o processo educacional. Um exemplo advindo da prática docente do primeiro autor deste texto é o artigo “Cool?” de Mpemba e Osborne (1961), recentemente traduzido para o português.^{67,68} O texto era utilizado em salas de aula do segundo ano do ensino médio e apresenta grande potencial por algumas razões. Por ter sido escrito por um estudante da escola média da Tanzânia em parceria com um professor e físico da Universidade local, o relato gera grande identificação com estudantes da mesma faixa etária. O fenômeno “descoberto”, apesar de polêmico^{69,70}, o foi por um espírito intensamente curioso de Mpemba que insistiu na surpresa e no fascínio de uma observação que para muitos era corriqueira⁷¹. Este elemento é de especial interesse e, de fato, foi utilizado como argumento para incentivar uma postura investigativa que a proposta de um ensino centrado em questões exige. O artigo original também é suficientemente simples e escrito utilizando uma narrativa apropriada a estudantes do ensino médio brasileiro, na nossa avaliação. Nele, o Dr. Osborne aventa algumas possibilidades para explicar o fenômeno trazido até ele por Mpemba, mas sem a intenção de esgotá-lo. De fato, até hoje o termo “efeito Mpemba” é amplamente utilizado em produções acadêmicas e, ao longo das últimas décadas, investigado por diversos grupos de pesquisa.⁷² O contato com este material original possui potencial de apresentar a ciência como um empreendimento coletivo e que admite múltiplas colaborações.

⁶⁶ BEZERRA JR, Arandi Ginane et al. Videoanálise com o software livre Tracker no laboratório didático de Física: movimento parabólico e segunda lei de Newton. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, p. 469-490, 2012.

⁶⁷ MPEMBA, Erasto B.; OSBORNE, Denis G. Cool?. *Physics Education*, v. 4, n. 3, p. 172-175, 1969.

⁶⁸ MPEMBA, Erasto Bartholomeo; OSBORNE, Denis Gordon; DE BARCELLOS COELHO, André Luís Miranda. Efeito Mpemba e o Ensino de Física: tradução do artigo “Cool?”. *A Física na Escola*, v. 22, p. 230153-230153, 2024.

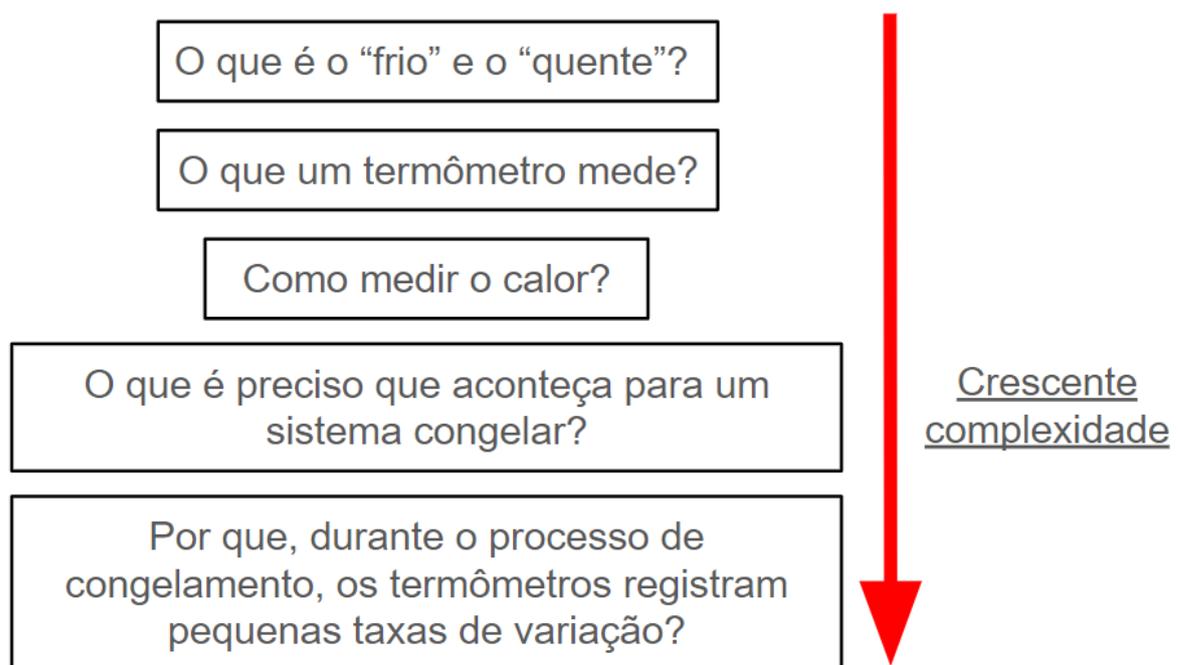
⁶⁹ BURRIDGE, Henry C.; LINDEN, Paul F. Questioning the Mpemba effect: hot water does not cool more quickly than cold. *Scientific Reports*, v. 6, n. 1, p. 1-11, 2016.

⁷⁰ BIER, Martin. The Rise and Fall of the Mpemba Effect: Hot fluids freeze faster than cold fluids. This was what high school student Erasto Mpemba reportedly discovered. However, his discovery turned out to be a misunderstanding-one with a long history. *Skeptical Inquirer*, v. 47, n. 4, p. 48-52, 2023.

⁷¹ No artigo original de 1961, Mpemba relata que era de conhecimento comum entre os produtores de sorvete que ele conhecia que a mistura inicialmente a uma temperatura maior que a do ambiente congelava mais rápido ao ser refrigerada em um freezer. De fato, há registros de observações semelhantes já em Aristóteles segundo Bechhoefer, Kumar e Chétrite (2021).

⁷² BECHHOEFER, John; KUMAR, Avinash; CHÉTRITE, Raphaël. A fresh understanding of the Mpemba effect. *Nature Reviews Physics*, v. 3, n. 8, p. 534-535, 2021.

O exemplo do trabalho de Mpemba e Osborne pode ser bastante interessante por outra razão. As perguntas que estruturam um processo educacional a partir deste artigo, tal como proposto por nós, não é nada evidente. Diferente das investigações aristotélicas e da mecânica Newtoniana, o texto “Cool?” não apresenta um sistema de pensamento completo. Isto significa, entre outras coisas, que sua argumentação não se organiza axiomaticamente, o que dificulta imensamente encontrar os enunciados básicos, se é que há algum postulado. De fato, trata-se de um relato histórico de uma prospecção teórica e de resultados experimentais um tanto improvisados a respeito de uma observação pouco compreendida. Trabalhamos de múltiplas maneiras com essa fonte utilizando a abordagem centrada em questões, todavia. A seguir, um exemplo esquemático de uma estrutura de inquirição utilizada em um contexto introdutório sobre termologia e calorimetria.



Esquema 2: Aplicação da proposta no âmbito de termologia e calorimetria na escola básica.

Utilizamos o mesmo material também no contexto da termodinâmica em turmas de segundo ano do ensino médio. Na ocasião, as questões se orientavam para o fato de que conhecer apenas a temperatura de um sistema não é suficiente para caracterizar seu estado físico. Exigindo, por isto, uma estrutura de conhecimentos prévios, tais como pressão e volume, por exemplo. Em ambos os casos, ao estruturar o ensino em torno de questões, fomos capazes de incentivar uma atitude inquiridora e curiosa tal como lemos em Mpemba^{50,51}. Esse elemento é central na abordagem.

Considerações finais

A existência de muitas outras possibilidades de estruturas de inquirição para o mesmo material sugere que é inócuo tentar esgotá-las. Os esquemas e discussões foram registrados neste trabalho apenas para ilustrar a nossa abordagem de ensino centrada em questões. Questões estas inspiradas no desenvolvimento histórico da ciência e que possuem certas características como o crescente nível de complexidade à medida que respostas são obtidas e a possibilidade de estabelecer diálogos entre experiências comuns aos(as) aprendizes e os desenvolvimentos científicos históricos.

Não há nada exatamente novo na proposição. A busca, no entanto, não é por inovação ou pela novidade. Diagnósticos sobre a relação deletéria entre a sanha por inovação e a educação apontam para a necessidade da escola ser lugar de resistência e proposição.^{23,25} Lugar de tradição, memória, história e transformação. Esta é a motivação central deste trabalho. Procuramos registrar, inicialmente, um diagnóstico, ainda que breve, sobre as potencialidades e limites de uma aproximação entre história e filosofia da ciência e o ensino de ciências. Ao fazer isto, fomos capazes de nos posicionar em relação à tradição de pesquisa na área e, finalmente, propor, a partir deste lugar que se afasta de um ensino utilitarista, uma abordagem de ensino capaz de fazer presente em sala de aula um ensino de ciências autêntico.

As limitações da proposta são grandes, entretanto. O processo de construir as questões em graus de crescente complexidade, iniciando por perguntas que se relacionam com experiências comuns aos(as) aprendizes pode se configurar uma tarefa árdua. A exigência de se conhecer com alguma profundidade alguns dos meandros e nuances histórico-filosóficas sobre os temas que se deseja ensinar, constitui obstáculo importante para a efetiva operacionalização segundo os moldes propostos, por exemplo.

Nossa esperança, ao fim e ao cabo, é a de que este trabalho possa servir como motivador de propostas coalescentes à nossa. Para ulteriores trabalhos, gostaríamos de detalhar algumas das práticas realizadas utilizando essa abordagem de ensino com o objetivo de adicionar mais exemplos que mostrem a força da mesma. Além disso, queremos que o presente texto oriente o trabalho de nossos(as) estudantes na universidade que se interessam na pesquisa sobre o valor educativo da história e filosofia da ciência. Despedimo-nos na expectativa de que seja o início de um profícuo diálogo que busque retomar um sentido para nossa prática docente que é constantemente ameaçado e descredibilizado que é o de constituir um espírito inquiridor.

SOBRE OS AUTORES:

André Barcellos

andre.coelho@unb.br

Instituto de Física da Universidade de Brasília

Cássio Laranjeiras

cassio@unb.br

Instituto de Física da Universidade de Brasília

Guilherme Wilhelms

guilherme.wilhelms@gmail.com

Universidade de Brasília

Artigo recebido em 27 de novembro de 2024
Aceito para publicação em 20 de dezembro de 2024



Todo conteúdo desta revista está licenciado em Creative Commons CC By 4.0.